GRAĐEVINAR

11 ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA N. R. H.
GODINA XI. STUDENI 1959.



MOST NA KORANI U SLUNJU

PROJEKTANT: PROF. ING. KRUNO TONKOVIĆ

INŽENJERSKI PROJEKTNI ZAVOD - ZAGREB

»GRAĐEVINAR«

GOD. XI. BROJ 11

SADRŽAJ

SARADNICI!
OLAKŠAJTE RAD REDAKCIONOM ODBORU I UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna;
tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuju unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način;
CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autora;
fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;
popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;
jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.
Više slika, manje teksta — Vašem će se radu pokloniti više pažnje!

Čitaoci traže više članaka na manje stranica; zadovoljite čitaoce, oni će Vam biti zahvalni!
Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, slike se računaju kao tekst.
RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Dr. ing. Ervin Nonveiller
Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Administracija: Zagreb, Berislavićeva 6 — Tel. 38-114 — Tek. račun kod Komunalne banke Zagreb 400-703-5-1151

Tisak »VJESNIK« – pogon »TIPOGRAFIJA«, Zagreb

JUVIDUR KL.



Juvidur Kl. cijevi su brzo naišle na najširu primjenu i potražnja za njima raste:

1. za kanalizaciju
2. za sisteme navodnjavanja u poljoprivredi
3. u kemijskoj industriji.

FIZIKALNE OSOBINE

Čvrstoća za vlak	500 kg/cm^2
Čvrstoća za pritisak	800 kg/cm^2
Tvrdoća po Brinellu	1200 kg/cm^2
Koeficijent toplinskog izduženja	6—8 · 10^{-5}/^{0}C
Toplinska provodljivost	0,13 Kcal/h · m · ^{0}C
Točka omekšavanja (po Vicatu)	88^{0}C

JUVIDUR KL. CIJEVI SU DOBAR ELEKTRIČNI I TOPLINSKI IZOLATOR, IZVANREDNO SU OTPORNE PREMA:

otpadnim gasovima koji sadrže ugljičnu, solnu, sumpornu, fluorovodičnu kiselinu, nitrozne gasove, oleum, sumporni dioksid i drugim kiselinama.

NISU OTPORNE PREMA:

acetonu, benzolu, esterima, ketonima,· arom. ugljikovodicima i kloriranim ugljikovodicima.

NEKE KARAKTERISTIČNE OSOBINE JUVIDUR KL. CIJEVI

1. Juvidur cijevi istih dimenzija i debljine 5 puta su lakše od željeznih.
2. Mogu biti ukopane u bilo kakav teren (kiseo ili bazičan) na neograničeno vrijeme. Mogu služiti za transport svih vrsta mineralnih voda, a da uslijed toga ne podliježu koroziji.
3. Radi glatkoće stijena i kemijske inertnosti u cijevima ne dolazi do nikakvih inkrustacija i stvaranja kamenca.
4. Kod juvidur cijevi ne postoji problem galvanskih i lutajućih struja, jer je juvidur dobar elektro-izolator.
5. Juvidur cijevi ne »stare«.

JUVIDUR CIJEVI SU JEFTINIJE OD MNOGIH VRSTA CIJEVI, A UZ TO IH JOŠ JEFTINIJIMA PRAVE NIŽI TRANSPORTNI TROŠKOVI, JEDNOSTAVNA MONTAŽA I ODRŽAVANJE, KAO I DUŽI VIJEK TRAJANJA.

„JUGOVINIL“ TVORNICA PLASTIČNIH MASA I KEMIJSKIH PROIZVODA

KAŠTEL-SUĆURAC

GRAĐEVINAR

GOD. XI. STUDENI 1959. BROJ 11

KONSTRUKTIVNE OSOBITOSTI MOSTOVA OD LAKIH METALA

Prof. Ing. **Jure Erega**, Zagreb

1. Uvod

Poredba osnovnih svojstava lakih metala i čelika pokazuje, da laki metali već danas udovoljavaju najvažnijim uslovima, koje postavlja mostogradnja. Prema sadanjem stanju, legure lakih metala podesnije su za izradu cestovnih mostova, nego li željezničkih.

Široj primjeni aluminijskih legura u mostogradnji suprotstavljaju se zasada pored ekonomskih poteškoća, i određene teškoće tehničke prirode.

Ako pretpostavimo, da su troškovi izrade, transporta i montaže jednaki za lake metale i čelik (volumenska komparacija) i da iznose $I_v = \alpha\, k_s\, g_s$, dobivamo odnos cijena gotovih konstrukcija:

$$C_a : C_s = \left(\frac{k_a \cdot g_a}{k_s \cdot g_s} + \alpha \right) : (1 + \alpha) \qquad (1)$$

U obrascu označava k_a/k_s odnos cijena, a g_a/g_s odnos težina aluminija i čelika. Faktor α je u čeličnim gradnjama približno konstantan i iznosi otprilike jedan.

Uz odnos cijena na internacionalnom tržištu $k_a/k_s =$ oko 6, te odnos težina, koji je polučen u mostogradnji, $g_a/g_s =$ oko 1/2,5, iznosio bi odnos cijena gotovih konstrukcija $C_a/C_s = 1{,}7$. S uštedama na transportu i montaži taj se odnos još smanjuje.

Na specifičnosti konstruktivnih oblika i način projektiranja konstrukcija od lakih metala bitno utiču razlike u elastičnim svojstvima, a u izvjesnoj mjeri i razlike u toplinskoj dilataciji obiju materijala.

U daljnjim izlaganjima bit će izneseni neki problemi, koji se pojavljuju kod primjene lakih metala u mostogradnji.

2. Uzdužni profil i progibi

Da bi se postigle dovoljne krutosti nosača mostova, većina važećih normativnih propisa ograničava odnos dopuštenog progiba od pokretnog opterećenja i raspona nosača sa

$$f_p/l \leqq 1/K \qquad (2)$$

1/K odnosi, usvojeni u raznim propisima, međusobno se znatno razlikuju. Ekzaktnog opravdanja nemaju, temelj je uglavnom empiričko iskustvo.

Švajcarska norma S. I. A. Nr. 160/1956 određuje na pr. za željezničke mostove $K \geqq 1000$, a za cestovne $K \geqq 700$. Sovjetski propisi za mostove s punim limenim nosačima (proste grede), određuju za željezničke mostove $K \geqq 800$, za mostove na autoputevima od normalnog čelika $K \geqq 700$, a kod viših čelika $K \geqq 600$.

Njemački propisi (DIN 1073) određuju za cestovne mostove $K \geqq 500$, a u novim propisima za željezničke mostove (BE 1951/55), na pr., uopće su izostavljene odredbe o ograničenju progiba. Kod visećih mostova se već znatno ranije toleriralo $K \geqq 300$, a pojedinačno i manje.

U posljednje vrijeme pojavljuje se tendencija, da bi odredbe normativnih propisa o ograničenju dopuštenih progiba trebalo ublažiti. Ta tendencija je opravdana, naročito kod cestovnih mostova, jer maksimalni računski progib ne može nastupiti kod stvarnog odvijanja saobraćaja.

Za cestovne mostove od lakih metala prof. Stüssi smatra, da se može prihvatiti ograničenje $K = 400$.

S prometnog stanovišta postoji potreba, da se zbog mirne vožnje ograniče kutevi zaokreta tangente elastične linije na dilatacionim prekidima i zakrivljenost u uzdužnom profilu uslijed savijanja nosača pod pokretnim opterećenjem.

Po podacima njemačke literature postoje prijedlozi, da se prema značaju mosta odabere radij zakrivljenosti $\rho \geqq 1000$ do 2000 m, time da dopunska akceleracija odnosno retardacija kod vožnje preko takovih uvala ne treba da prekorači $a_v = 0{,}31$ m/sec².

U tabeli 1 dane su maksimalne dopuštene brzine vozila, sračunane iz odnosa $v = \sqrt{a_v \cdot \rho}$.

Tabela 1. Dopuštene brzine vozila

min ρ u m		500	1000	1500	2000	3000
$a_v = 0{,}31$ m/sec²	v u km/h	45	63	78	90	110
$a_v = 0{,}15$ m/sec²	v u km/h	31	44	54	63	77

Kod cestovnih mostova moći će zadovoljavati maleni radiusi zakrivljenosti, jer se s povećanjem opterećenja na mostu nužno smanjuje moguća brzina saobraćaja. Kod željezničkih mostova bit će, doduše, potrebni nešto veći radiusi, no i u tom slučaju treba uvažiti okolnost, da lagani osobni vlakovi ne će uzrokovati maksimalnu zakrivljenost glavnih nosača.

Izborom vrijednosti K implicitno su ograničeni kutevi zaokreta na ležajevima i zakrivljenost nosača. Za gredne nosače općenito važe obrasci:

$$\varphi_i = \beta_i \cdot f_p/l = \beta_i/K \qquad (3)$$

$$1/\rho = \beta_r \cdot f_p/l^2 = \beta_r/K \cdot l \qquad (4)$$

Tabela 2. Vrijednosti β_i, β_r za proste grede

Opterećenje	c c	c c c	l	l
β_i	3	3.13	3,20	π
β_r	12	9,4	9,6	π^2

U tabeli 2 dane su vrijednosti β_i i β_r za prostu gredu pod raznim vrstama opterećenja. Te vrijednosti relativno malo variraju. Za glavne nosače i za nosače konstrukcije kolnika može se približno uzeti $\beta_i = \pi$, a $\beta_r = \pi^2$ (pretpostavka, da elastična linija ima oblik sinusoide).

Kod postepenog pojačavanja presjeka nosača dodavanjem pojasnih lamela povećavaju se deformacije za približno 10%, a radij zakrivljenosti se u istom odnosu smanjuje.

Iz odnosa pod (4) vidi se, da je radij zakrivljenosti ρ linearno proporcionalan rasponu l, što znači, da se uz odabrani K zakrivljenost nosača proporcionalno smanjuje s porastom raspona. S prometnog i konstruktivnog gledišta ne postoji potreba za smanjivanjem zakrivljenosti iznad određenih granica.

Tabela 3. Kut zaokreta φ_A za proste grede

K	1000	900	800	700	600	500	400
φ_A%	0,31	0,35	0,39	0,45	0,52	0,63	0,79

Iz tabele 3 vidi se varijacija kuta zaokreta φ_A proste grede u ovisnosti o usvojenom ograničenju K. Granična vrijednost kuta zaokreta na mostovima, koji su izrađeni po citiranim normativnim propisima, mogla je prema tome da iznosi kod željezničkih mostova 0,3 do 0,4%, a kod cestovnih 0,45 do 0,6%.

Tabela 4. Vrijednosti min ρ i φ_A, za proste grede

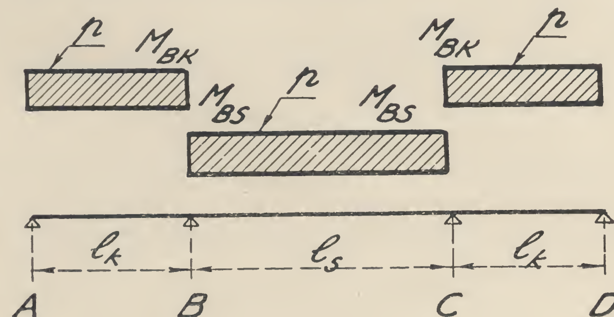
K \ l	10	20	30	40	50	60	φ_A%
1000	1012	2024	3036	4048	5060	6072	0,31
500	506	1012	1518	2024	2530	3036	0,63
400	404	808	1212	1616	2020	2424	0,79
250	253	506	759	1012	1265	1518	1 26

Podaci u tabeli 4 sračunati su iz odnosa pod (3) i (4) za razne karakteristične vrijednosti K. Kako se vidi iz tabele, kod željezničkih čeličnih mostova mogao je min ρ da iznosi uz K = 1000, počevši od 20 m raspona na više oko 2000 m, a kod cestovnih, uz K = 500, oko 1000 m. Maksimalna brzina vozila mogla je da iznosi 90 km/h na željezničkim, a 65 km/h na cestovnim mostovima, ako se usvoji dopunsko ubrzanje $a_v = 0{,}31$ m/sec^2.

S tako izvedenim čeličnim mostovima postoje dugogodišnja povoljna iskustva. S porastom raspona poboljšavaju se prometni uslovi, izuzevši kut zaokreta. Za određeni K kut zaokreta ostaje konstantan.

Kako je poznato, podesnim izborom odnosa raspona može se kod kontinuiranih nosača, počevši od 3 otvora na više, postići poželjan kut zaokreta na krajevima i radius zakrivljenosti, a da se ne ograničava dopušteni progib.

Za ilustraciju analognih odnosa kod kontinuiranih nosača promatramo slučaj simetričnog nosača sa 3 polja (na 4 oslonca), sa varijabilnim krajnim otvorima. Analizu izvodimo sa dvije karakteristične krutosti l/I = konst. i I = konst. Kod malenih razlika u veličini otvora bit će bliže stvarnosti pretpostavka l/I = konst., a kod većih I = = konst. Stvarni rezultati će se nalaziti između obiju graničnih pretpostavaka.



Sk. 1

Alternativno pretpostavimo istodobno opterećenje obaju krajnjih polja ili samo srednjeg polja zamjenjujućim kontinuiranim teretom p, prema sk. 1. Zamišljeno opterećenje p, određuje se iz uobičajene aproksimacije $p = 8\, M_o/l^2$, gdje je M_o maksimalni momenat proste grede. Za alternativne položaje opterećenja dobivamo:

a) *Pretpostavka l/I = konst.*

Momenti na ležaju B iznose:

$$M_{BK} = -\frac{1}{20}\, p\, l_K^2\,; \quad M_{BS} = -\frac{1}{20}\, p\, l_S^2$$

Odnos $K_S : K_K$ (progibi u polovinama raspona) iznosi

$$\frac{1}{\gamma}\cdot\frac{f_K}{f_S} = \gamma^2 \cdot \frac{\left(1+\frac{3}{5}\,n_K\right)}{\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)}\,; \quad \gamma = l_K/l_S; \quad n_K = \frac{M_{BK}}{M_{oK}}\,; \quad n_S = \frac{M_{BS}}{M_{oS}}\,; \quad K_S = f_S/l_S; \quad K_K = f_K/l_K;$$

M_{oK} i M_{oS} označavaju momente proste grede, raspona l_K i l_S.

Za odnos raspona $l_K = 0{,}83\, l_S$, točnije $\gamma = 0{,}827$) $K_S : K_K = 1$.

Faktor β_i iznosi za ležaj A:

$$\text{za } l_K \leqq 0{,}83\, l_S : \beta_i = \frac{16\left(1+\frac{1}{2}\,n_K\right)}{5\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)}\,\gamma^2 = 4{,}92\,\gamma^2;$$

$$\text{za } l_K \geqq 0{,}83\, l_S : \beta_i = \frac{16\left(1+\frac{1}{2}\,n_K\right)}{5\left(1+\frac{3}{5}\,n_K\right)} = 3{,}37$$

Faktor β_i za ležaj B je konstantan:

$$\beta_i = \frac{16\left(1+\frac{3}{2}\,n_S\right)}{5\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)} = 2{,}46 \text{ za svaki } \gamma.$$

I faktor β_r za srednje polje je konstantan:

$$\beta_r = \frac{48\,(1+n_S)}{5\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)} \approx 11, \text{ za svaki odnos } \gamma.$$

b) *Pretpostavka I = konst.*

Momenti na ležaju B iznose:

$$M_{BK} = -\frac{1}{12}\,p\,l_K^2\,\frac{\gamma}{\left(\frac{2}{3}\gamma+1\right)};\quad M_{BS} =$$

$$= -\frac{1}{12}\,p\,l_S^2\,\frac{1}{\left(\frac{2}{3}\gamma+1\right)};\quad \gamma = l_K/l_S.$$

Odnos $K_S : K_K$ (progibi u polovinama raspona) iznosi:

$$\frac{1}{\gamma}\cdot\frac{f_K}{f_S} = \gamma^3\,\frac{\left(1+\frac{3}{5}\,n_K\right)}{\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)};\quad n_K = -\frac{2\gamma}{3\left(\frac{2}{3}\gamma+1\right)}$$

$$n_S = -\frac{2}{3\left(\frac{2}{3}\gamma+1\right)}$$

Odnos $K_S : K_K$ postaje jednak jedinici za $l_K \approx 0{,}86\, l_S$. Odnos $\gamma \approx 0{,}86$ odredjen je iz jednadžbe 4. stepena, pokušavanjem (točnije $\gamma = 0{,}856$).

Faktor β_i iznosi za ležaj A:

$$\text{za } l_K \leqq 0{,}86\, l_S : \beta_i = \frac{16\left(1+\frac{1}{2}\,n_K\right)}{5\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)}\,\gamma^3;$$

$$\text{za } l_K \geqq 0{,}86\, l_S : \beta_i = \frac{16\left(1+\frac{1}{2}\,n_K\right)}{5\left(1+\frac{3}{5}\,n_K\right)};$$

(Za n_K i n_S važe iste vrijednosti kao i kod odnosa $K_S : K_K$).

Faktor β_i za ležaj B iznosi:

$$\beta_i = \frac{16\left(1+\frac{3}{2}\,n_S\right)}{5\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)}.$$

Taj faktor je varijabilan, zbog varijabilnog odnosa n_S. U granicama $0{,}5 \leqq \gamma \leqq 1$ varira β_i od 2,0 do 2,46. Za $\gamma = 1$ podudaraju se vrijednosti β_i za obje pretpostavke.

Faktor β_r za srednji raspon iznosi:

$$\beta_r = \frac{48\,(1+n_S)}{5\left(1+\frac{6}{5}\,n_S\right)}.$$

I faktor β_r je varijabilan, zbog promjenljivosti odnosa n_S. U granicama $0{,}5 \leqq \gamma \leqq 1$ varira faktor β_r od 12 do 11. Za $\gamma = 1$ podudaraju se vrijednosti β_r za obje pretpostavke.

Tabela 5. Vrijednosti β_i za φ_A kontinuiranog nosača

γ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Krutost
β_i'	1,23	1,77	2,41	3,15	3,37	3,37	$l/1$ = konst.
β_i''	0,875	1,38	2,03	2,84	3,36	3,37	I = konst.
β_i	1,05	1,57	2,22	3,00	3,37	3,37	$\frac{\beta_i' + \beta_i''}{2}$

Vrijednosti β_i za određivanje kuta zaokreta φ_A sračunate su kao aritmetička sredina vrijednosti dobivenih po obje pretpostavke (tabela 5).

S prosječnim vrijednostima faktora β_i sračunani su kutevi zaokreta φ_A na krajnjem ležaju za razne odnose γ i 1/K. Rezultati su svrstani u tabeli 6.

Tabela 6. Kut zaokreta φ_A°/o za kontinuirane nosače

K \ γ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1000	0,105	0,157	0,222	0,300	0,337	0,337
500	0,210	0,314	0,444	0,600	0,674	0,674
400	0,262	0,392	0,555	0,750	0,842	0,842
250	0,420	0,628	0,888	1,200	1,350	1,350

Kut zaokreta φ_B i radij zakrivljenosti min ρ za srednje polje kontinuiranog nosača, u ovisnosti

o odabranom ograničenju K, izračunati su s prosječnim vrijednostima $\beta_i = 2{,}23$ i $\beta_r = 11{,}5$. Rezultati su svrstani u tabeli 7.

Tabela 7. Vrijednosti min ϱ i φ_B% za kontinuirane nosače

K \ l	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	φ_B%
1000	870	1 740	2 610	3 480	4 340	5 210	0,223
500	435	870	1 305	1 740	2 170	2 605	0,446
400	348	696	1 045	1 392	1 740	2 085	0,558
250	217	435	652	870	1 085	1 303	0,892

Upoređenje podataka u tabelama 4 i 7 pokazuje, kako se to moglo i očekivati, da su radiji zakrivljenosti u srednjem polju kontinuiranih nosača nešto nepovoljniji, a kutevi zaokreta na srednjim ležajevima nešto povoljniji, nego li kod prostih greda.

3. Minimalne visine nosača i deformacije

Ekonomska visina čeličnih nosača u mostogradnji redovno je veća od minimalne. Kod mostova od lakih metala, zbog malenog modula elastičnosti, minimalna dopustiva visina nosača ima primarnu važnost.

Ako imamo u vidu, da je odnos $f : l$ fiksiran samo za pokretni dio opterećenja, izračunat bez dinamičkog faktora sa bruto-presjekom, a da se maksimalni napon određuje s neto-presjekom za ukupno opterećenje, gdje je pokretni dio računan sa dinamičkim faktorom, onda za proste grede važi odnos:

$$\frac{h_{min}}{l} = \frac{K \cdot C \cdot \sigma}{E\,(g/p + \varphi_t)}; \quad C = C_o \cdot C_1/C_2; \quad K = f_p : l. \qquad (5)$$

Faktor C_0 označava konstantu ovisnu o opterećenju (za kontinuirani teret $C_0 = 5/24$), $C_1 = 1{,}1$ je konstanta, kojom se uvažava postepeno pojačanje presjeka, $C_2 = I_{br}/I_{neto} \approx 1{,}15$, a $\varphi_t = (1 + \varphi)$ je dinamički faktor.

Odnos minimalnih dopustivih visina nosača od lakih metala i čelika iznosi:

$$h_a/h_s = \frac{K_a \cdot E_s \cdot (g_s/p + \varphi_t)}{K_s \cdot E_a \cdot (g_a/p + \varphi_t)} \qquad (6)$$

Kod nosača malenih raspona dobivamo uz $g/p \approx 0$ i $K_a = K_s$ približno 3 puta veću visinu nosača od lakih metala nego li od čelika. Pod normalnim okolnostima u mostogradnji možemo, međutim, računati sa znatno povoljnijim odnosima visina.

Zbog uspoređenja pretpostavimo odnose pokretnog opterećenja i vlastite težine prema njemačkim propisima za željezničke mostove BE — 1951, vlak »S«, čelik St. 37, što je svakako nepovoljna komparacija za lake metale.

Pretpostavljamo jednokolosječne mostove s punim limenim nosačima i otvorenim kolnikom na gornjem pojasu. Vlastita težina takovih čeličnih mostova može se aproksimativno odrediti po obrascu

$$g_s = (0{,}057\,l + 1)\ \text{t/m}, \quad \text{raspon } l \text{ u m.}$$

Uz faktor $g_a : g_s \approx 1/2.5$, iznosit će težina aluminijskog mosta približno

$$g_a = (0{,}023\,l + 0{,}85)\ \text{t/m}, \quad l \text{ u m.}$$

Provedemo komparaciju mostova od lakih metala i čelika, s punim limenim nosačima raspona 10 do 60 m. U tim granicama varira pokretno opterećenje od $p = 15{,}4$ do 10,5 t/m, vlastita težina od $g_s = 1{,}57$ do 4,42 t/m, g_a od 1,08 do 2,23 t/m, a dinamički faktor od 1,43 do 1,29.

Rezultati numeričkih ispitivanja dani su tabelarno.

Tabela 8. Vrijednosti min h/l, za proste grede

K \ l	10	20	30	40	50	60
Čelik St. 37						
1000	1/11,6	1/11,6	1/11,9	1/12,2	1/12,6	1/12,8
500	1/23,1	1/23,2	1/23,9	1/24,4	1/25,2	1/25,6
Laki metali ($\sigma_{0,2} \approx \sigma_F$ — St. 37)						
500	1/7,5	1/7,35	1/7,45	1/7,45	1/7,5	1/7,5
400	1/9,4	1/9,2	1/9,3	1/9,3	1/9,4	1/9,4
250	1/15	1/14,7	1/14,9	1/14,9	1/15	1/15

Kod čeličnih limenih nosača željezničkih mostova na 2 oslonca ekonomski poželjan odnos h/l iznosi 1/10 do 1/11.

Iz tabele 8 vidi se, da za čelik St. 37, uz ograničenje $K = 1000$, minimalan dopustivi odnos iznosi oko 1/12, dakle vrlo blizu ekonomski poželjnog odnosa. Uz $K = 500$, ograničenje koje se danas usvaja u Njemačkoj i za željezničke mostove, bio bi taj odnos 1/24.

Kod lakih metala je situacija bitno nepovoljnija. Uz ograničenje $K = 400$, minimalni dopustivi odnos iznosi približno 1/9,4, uz max $\varphi_A \approx 0{,}8$%, min $\varrho \approx 810$ m (od 20 m raspona na više). Dopustivi odnos nalazi se doduše u neposrednoj blizini optimalne ekonomske granice, ali potrebna visina nosača ipak je relativno velika.

Kod cestovnih mostova, za koje primjena aluminija dolazi prvenstveno u obzir, normalan odnos visine i raspona nosača iznosi kod čelika St. 37 oko 1/15 za proste grede. Taj odnos uslovljen je djelomično i potrebom smanjivanja visine nosača, da bi se u pretežnom broju slučajeva omogućila izvedba sa kolnikom gore, koja se kod cestovnih mostova preferira, zbog slobodnog vidika i iz estetskih razloga.

Mostovi od lakih metala, kako se vidi iz tabele 8, mogu se izvoditi s odnosom 1/15 samo ako se tolerira K = 250, $\varphi_A \approx 1{,}25$ i $\rho \approx 500$ m. Već kod 40 m raspona polučuje se $\rho \approx 1000$ m. Te se deformacije kreću u granicama, koje se dopuštaju kod visećih mostova. Iako ta poredba nije posve pravilna, ipak pruža relativno dobru orijentaciju o postojećim, empirički iskušanim mogućnostima.

Prema Selbergu, za viseće mostove manjih i srednjih raspona u Norveškoj postoje preporuke, da se tolerira K = 200 do 300, kut zaokreta $\varphi_A = 4$ do 2,9‰, radij zakrivljenosti $\rho = 300$ do 500 m, te dopunsko ubrzanje od $a_v = 0{,}1$ do 0,15 m/sec². Uz te preporuke iznosila bi dopustiva brzina prolaza vozila v = 20 do 30 km/h.

Na novom visećem mostu preko Rajne u Köln-Mühlheimu usvojen je za glavni otvor K = 250, a kut zaokreta u krajnjim otvorima $\varphi_A = 0{,}89$ do 0,95‰. Na visećem mostu kod Köln-Rodenkirchena (srušen 1941. g. u tečaju rata) bio je usvojen K = 300, uz $\varphi_A = 1{,}59$‰. Na tim objektima nisu zapažene prometne smetnje.

Kod cestovnih mostova komparacija je povoljnija za lake metale nego li kod željezničkih. Povećanje odnosa g/p smanjuje odnos min h/l, no smanjenje dinamičkog faktora povisuje taj odnos, tako da konačne razlike nisu osobito znatne.

Ako bi na pr. za $l = 50$ m pretpostavili g/p = = 0,50 (umjesto 0,20), a za $\varphi_t = 1{,}15$ (umjesto 1,30) uz K = 250 za oba slučaja, iznosio bi dopustivi odnos h/l = 1/16,5 umjesto 1/15.

Ako bi se za cestovne mostove kut zaokreta ograničio na 1,25‰, a minimalni radij zakrivljenosti na 1000 m, to bi kod manjih raspona uslovljavalo odnos $h/l = 1/10$ (uz K = 400), a kod većih počam od 40 m, odnos $h/l = 1/15$ (uz K = 250). S prometnog i s tehničkog gledišta takve odredbe ne bi bile neopravdane.

Dopustiva brzina vozila bila bi dovoljna za sve raspone (v = 60 do 80 km/h, uz $a_v = 0{,}31$ m/sec²), a visina nosača h = 2 do 3 m, u granicama raspona od 20 do 50 m, odgovarala bi uzuelnim visinama u čeličnoj mostogradnji. Takve odredbe vodile bi računa i o činjenici, da puno računsko opterećenje mostova manjih raspona nastupa češće nego li kod većih.

Odredimo nadalje minimalni dopustivi odnos visine i raspona h_{min}/l_s za srednje polje kontinuiranog nosača na 4 oslonca.

Između radija zakrivljenosti i visine nosača postoji poznati funkcionalni odnos:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} = \frac{2\sigma}{hE}.$$

Uz analogne pretpostavke kao kod obrasca (5) dobivamo:

$$\frac{h_{min}}{\rho} = \frac{C \cdot \sigma}{E\,(g/p + \varphi_t)};\ C = \frac{2C_1}{C_2} = \frac{2 \cdot 1{,}1}{1{,}15} = 1{,}91. \quad (7)$$

Uvođenjem odnosa $\rho = -K\,l_s/\beta_r$ iz obrasca (4) dobivamo za srednje polje funkcionalnu vezu između h_{min} i l_s:

$$\frac{h_{min}}{l_s} = \frac{h_{min}}{\rho} \cdot \frac{K}{\beta_r};\ \beta_r = 11{,}5. \quad (8)$$

Odnos h_{min}/ρ iz obr. (7) odredimo za raspone 40, 50 i 60 m. Podaci o odnosu g/p i dinamički faktor φ_t određeni su kod analize proste grede. Odgovarajuće radije zakrivljenosti ρ možemo uzeti iz tabele 7. Minimalne odnose visine i raspona nosača odredimo iz obrasca (8). Analizu provedemo s konstantama za aluminij ($E_a = 700\,000$ kg/cm², $\alpha_{dop} = 1\,400$ kg/cm²), koji odgovara čeliku St. 37. Dobiveni rezultati su svrstani u tabeli 9.

Tabela 9. Odnos h_a/l_s za lake metale
($\sigma_{0,2} \approx \sigma_F$ — St. 37)

l_s	$\frac{h_a}{\varrho}$ ‰	K = 400		K = 250	
		min ϱ	h_a/l_s	min ϱ	h_a/l_s
40	2,57	1392	1/11,2	870	1/17,9
50	2,56	1740	1/11,2	1085	1/18
60	2,54	2085	1/11,3	1303	1/18,1

Kako se vidi iz tabele 9, odnos h_a/ρ vrlo malo varira u zavisnosti od raspona. Pomoću prosječne vrijednosti $h_a/\rho = 2{,}56$‰ i omjera h_{min}/l_s prema obr. 8 moguća su neposredna proračunavanja odnosa h_a/l_s za različita ograničenja K i različite radije zakrivljenosti.

U granicama raspona 40 do 60 m, važi za lake metale sa dobrom približnošću obrazac:

$$\min h_a/l_s \approx 2{,}23\ K/10\,000 \quad (9)$$

Kod izvedaba cestovnih čeličnih mostova s limenim kontinuiranim nosačima normalno se odabire odnos $h_s/l_s = 1/20$.

Za lake metale odgovaralo bi prema obr. (9) tom odnosu ograničenje K = 225, s radijem zakrivljenosti $\rho = K\,l_s/\beta_r = 19{,}5\ l_s$ ($\beta_r = 11{,}5$). Za analizirane raspone iznosili bi radiji zakrivljenosti $\rho_{40} = 780$, $\rho_{50} = 975$ a $\rho_{60} = 1\,170$ m. S prometnog gledišta mogli bi se na cestovnim mostovima ti radiji zakrivljenosti usvojiti, naročito uvaživši okolnost, da mogu nastupiti samo kod najnepovoljnijeg položaja maksimalnog opterećenja.

Ako odaberemo odnos raspona $\gamma = 0{,}6$, što bi odgovaralo općoj dispoziciji raspona, na pr. L=40+ + 60 + 40 m, iznosio bi uz K = 225, kut zaokreta na krajevima $\varphi_A = 0{,}69$‰ (prema obr. 3 sa $\beta_i = 1{,}57$ iz tabele 5), a radij zakrivljenosti u srednjem polju min $\rho = 1170$ m (po obr. 4 sa $\beta_r = 11{,}5$). Odnos visine i raspona nosača iznosio bi $h_a/l_s = 1/20$, a visina bi bila $h_a = 3{,}0$ m.

Što se tiče kuta zaokreta i radija zakrivljenosti, ta bi konstrukcija odgovorila uslovima, koji se danas u Njemačkoj postavljaju za čelične željezničke mostove raspona 20 do 30 m (proste grede). S povećanjem srednjeg raspona, uz isti γ, linearno se povećava i radij zakrivljenosti, a kut zaokreta na krajevima ostaje konstantan.

Na novom čeličnom mostu preko Rajne kod Köln-Deutz-a (1948. g., $l_s = 184{,}50$ m) s punim limenim nosačima zatvorenog sandučastog presjeka iznosi maksimalni računski progib $f_p = l_s/266$. Prometne smetnje nisu zapažene ni na tom objektu.

Ako pored toga uvažimo povoljna iskustva na ranije spomenutim visećim mostovima, može se s pravom očekivati, da će i za mostove od lakih metala, biti usvojeni analogni uslovi za dopustive deformacije.

4. Ograničenje »K« i vibracije

Na osnovu dosadanjih općih iskustava, može se očekivati, da mostovi od lakih metala, što se tiče vibracija, ne će biti nepovoljniji od čeličnih.

Frekvencije impulsa, kojima su izloženi cestovni mostovi, variraju u relativno širokim granicama, naročito kod mješovitog saobraćaja. Vlastite frekvencije variraju u ovisnosti o veličini opterećenja, koje se nalazi na mostu, a kreću se između dviju graničnih vrijednosti, neopterećenog i potpuno opterećenog mosta.

Poznati obrazac za određivanje osnovne vlastite frekvencije prizmatičnog štapa na 2 oslonca, konstantne krutosti EI, s kontinuiranim opterećenjem q, glasi:

$$\nu_0 = \frac{\pi}{2l^2}\sqrt{\frac{EI\gamma}{q}}\ ;\ \gamma = 9{,}81\ \text{m/sec}^2.$$

Pomoću tog obrasca možemo drediti funkcionalnu vezu između vlastite frekvencije i usvojenog ograničenja K. Uvrštavanjem vrijednosti

$$f_g = C_1 \frac{5}{384} \cdot \frac{gl^4}{EI} \text{ uz } C_1 = 1{,}1 \quad q = g \text{ i odnosa}$$

$$f_g = f_p \cdot \frac{g}{p} = \frac{g \cdot l}{p \cdot K} \text{ dobivamo:}$$

$$\nu_0 = \frac{1}{5{,}32}\sqrt{\frac{p \cdot K}{g \cdot l}\gamma} = \frac{1}{1{,}7}\sqrt{\frac{p \cdot K}{g \cdot l}} \quad (10)$$

Numerički rezultati za mostove od lakih metala i čelika svrstani su u tabeli 10. Osnovne frekvencije su izračunate iz odnosa g/p, koji važi za željezničke mostove. Prema tome frekvencije odgovaraju normalnim frekvencama za čelične željezničke mostove istog tipa.

Tabela 10. Vlastite frekvencije ν_0 za neopterećene nosače na 2 oslonca

K \ l	10	20	30	40	50	60
Čelik St. 37.						
1000	18,4	9,9	6,9	5,3	4,4	3,7
500	12	7	4,9	3,8	3,1	2,7
Laki metali ($\sigma_{0,2} \approx \sigma_F$ — St. 37)						
400	14	8	5,9	4,4	3,8	3,3
250	11	6,4	4,6	3,5	3	2,6

Kako pokazuju podaci za lake metale vlastite frekvencije za K = 250, praktično se ne razlikuju od frekvencija čeličnih mostova za K = 500. S dolaskom opterećenja na most naglije se mijenja frakvencija mostova od lakih metala, nego li čeličnih.

Kod cestovnih mostova od lakih metala, naročito većih raspona sa K = 250, moći će se, što se tiče vibracija, očekivati analogija sa čeličnim mostovima izvedenim sa K = 500, razumljivo u slučaju analognih odnosa g/p. Djelomična opterećenja cestovnih mostova, manje će uticati na promjenu frekvencije nego li je to slučaj kod željezničkih mostova. U slučaju povećanja vlastite težine, na pr. izvedbom masivne ploče kolnika, naglije će se smanjivati frekvencije mostova od lakih metala. Ta se okolnost ne može označiti kao nepovoljna.

Dosadanja iskustva na mostovima velikih raspona, s relativno visokim odnosom 1/K, odnosno niskim vlastitim frekvencijama, bila su vrlo povoljna. Na mostu Köln—Deutz iznosila je vlastita frekvencija neopterećenog mosta $\nu_0 = 0{,}4$ titraja u sekundi. Te polagane vibracije pod pokretnim opterećenjima bile su za prolaznike neprimjetne. Brzi titraji sa $\nu_0 > 5$ postaju za prolaznike znatno neugodniji od polaganih, iako su kod niskih frekvencija amplitude povećane. Leonhardt ocjenjuje kod čeličnih mostova sličnog tipa, da će se veliki progibi moći dopuštati do raspona od oko 120 m, bez osobitih smetnja. U tom pogledu smatra, da su čelični mostovi raspona 40 do 60 m znatno osjetljiviji, te da se ne će moći dopuštati veliki progibi, jer bi brze vibracije s relativno velikim amplitudama bile neugodno primjetljive za prolaznike.

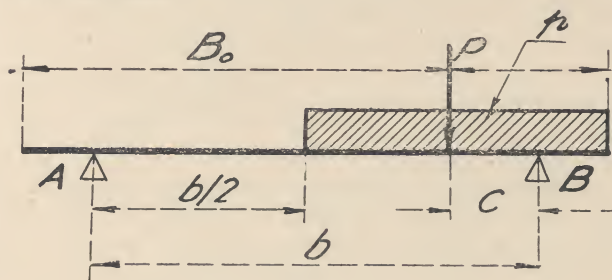
Kod mostova od lakih metala moći će se i u granicama tih raspona, podesnim izborom odnosa g/p i K, polučiti poželjne vlasttie frekvencije treperenja, i time smanjiti neugodnosti za prolaznike. Pogibelj pojava rezonancije i ljuljanja kod tih mostova nije veća od one kod čeličnih, kako to pokazuje poredba frekvencija. Kod mostova manjih i srednjih raspona od lakih metala, brze primjetne vibracije nakon prolaza teških vozila bit će, zbog povećanih amplituda, vjerojatno neugodnije za prolaznike nego li kod čeličnih.

U pogledu horizontalnih vibracija od bočnih impulsa također se može očekivati, da ne će biti smetnja, naročito s obzirom na povećanje sisteme visine vjetrovnog veza. Konstruktivnim mjerama treba po mogućnosti spriječiti prenošenje deformacija roštilja kolnika na konstrukciju hodnika i ograda.

5. Poprečni nagib ploče kolnika

Kod mostova s relativno velikim odnosom f_p/l pojavljuje se i problem poprečnog nagiba kolovozne ploče, osobito kod uskih mostova velikih raspona. Kod nesimetričnog položaja pokretnog

opterećenja dolazi do nejednolikog progibanja glavnih nosača, a zbog toga i do poprečnog nagibanja ploče kolnika.



Sk. 2

Treba svakako nastojati, da poprečni nagib ploče kolnika pod nesimetričnim pokretnim opterećenjem ne prekorači 3 do 4%. Ako tom nagibu pribrojimo poprečni nagib od 1,5 do 2,5%, koji se izvodi radi odvodnje, dobivamo ukupan nagib od 4,5 do 6,5%, što predstavlja granicu dopustivog poprečnog nagiba na putevima.

Uz pretpostavku, da je opterećena polovina širine kolnika prema sk. 2. i da se opterećenje dijeli po principu poluge, važe obrasci:

$$N_q\% = \frac{1}{2K} \cdot \frac{l}{b} \cdot \frac{B_0}{b} \qquad \min\frac{b}{l} = \frac{1}{2KN_q} \cdot \frac{B_0}{b} \quad (11)$$

N_q je poprečni nagib ploče kolnika, b je razmak glavnih nosača, B_0 reducirana širina kolnika a $f_p/l = 1/K$.

U čeličnoj mostogradnji iznosi dugogodišnjim iskustvom utvrđeni odnos $\min b/l \geq 1/20$. Ako pretpostavimo $K = 500$, te prosječan odnos $B_0/b = 1{,}25$ i minimalni dopustivi odnos $b/l = 1/20$, onda bi poprečni nagib ploče kolnika iznosio $N_q = 2{,}5 \angle 3\%$. Prema tome se, osim kod visećih mostova, problem poprečnog nagiba ploče kolnika dosada uopće nije postavljao.

Tabela 11. Odnosi K, N_q i min b/l

K	1000	500	400	250	200
N_q%	1,25	2,50	3,1	5	6,25
min b/l	1/48	1/24	1/19,1	1/12	1/9,6

U tabeli 11 pokazan je funkcionalni odnos između ograničenja K, poprečnog nagiba ploče kolnika N_q i odnosa min b/l uz pretpostavku max $N_q = 3\%$ i $B_0/b = 1{,}25$.

Kako se vidi iz tabele, počevši od $K \leq 400$ potrebno je relativno povećanje razmaka glavnih nosača. Kod predloženog ograničenja $K = 400$ za mostove od lakih metala ostaju približno dosadanji odnosi. Kod $K = 200$ do 250, uz normalni omjer B_0/b, odnos b/l trebao bi da iznosi oko 1/10, umjesto dosada uobičajenog odnosa u čeličnoj mostogradnji od 1/20. Prema tome bi već kod raspona od $l = 60$ m potreban minimalni razmak glavnih nosača iznosio $b \geq 6$ m, što ne predstavlja konstruktivnu smetnju.

Međutim, i kod čeličnih mostova izvanredno velikih raspona može nagib doseći relativno visoke vrijednosti. Tako je, na pr., na novom mostu Beograd—Zemun (1956. g.) s punim limenim nosačima rekordnog raspona 261 m polučen prigodom pokusnog opterećenja poprečni nagib od 4,7%. Kod mostova od lakih metala bit će u cilju smanjenja poprečnog nagiba povoljniji nosači zatvorenog sandučastog presjeka, koji imaju veliku torzionu krutost.

6. Dilatacije i ležajevi

Kod mostova od lakih metala mora se računati s osjetno većim dilatacijama na ležajima.

Ako su pokretni ležajevi kod temperature od $+10^0$C tako postavljeni, da pod uticajem vlastite težine i polovine pokretnog tereta budu centrično opterećeni, važi obrazac za proste grede:

$$\Delta l = \pm\left[\alpha_t \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{\eta\,\sigma}{C_2\,(g/p + \varphi_t)\,E}\right] \cdot l \quad (12)$$

Faktor η označuje odnos prosječnog i maksimalnog napona u pojasu proste grede.

Za lake metale je $(g/p + \varphi_t) \approx 1{,}5$ a za čelik 1,65. Faktor $\eta \approx 0{,}80$, $t = \pm 35^0$, $C_2 = 1{,}15$ a $\sigma = 1400$ kg/cm². Dilatacije iznose:

$$\Delta l_a = \pm 0{,}00127\, l \qquad \Delta l_s = \pm 0{,}00056\, l$$
$$\Delta l_a / \Delta l_s = 2{,}26.$$

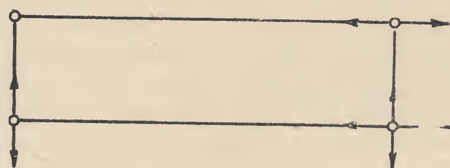
Ako, na pr., u obrazac za lake metale uvrstimo $l = 60$ m, dobivamo $\Delta l_a = \pm 7{,}6$ cm to je dilatacija, koja bi odgovarala čeličnom mostu raspona od oko 130 m. Kod mostova od lakih metala ne može se prema tome više zanemarivati uticaj dilatacionih pomaka ni na dispoziciju, ni na proračun ležajnih ukrućenja vertikalnog lima, kao što se to normalno čini kod čeličnih.

Elastična popustljivost nosača od lakih metala utiče i na konstruktivno oblikovanje ležajnih konstrukcija. Razlikujemo općenito 2 osnovna tipa, linijski zaokretni ležaj i točkasti zaokretni ležaj, prema tome, da li se reakcija prenosi podijeljeno po pravcu određene dužine ili koncentrirano u jednoj točci (cilindrične i kuglaste dodirne plohe).

Prof. Hartmann preporuča, da se u čeličnoj mostogradnji jeftiniji linijski ležajevi izvode samo ako je za poprečni nosač na ležaju ispunjen uslov $h_s/l \geq 1/6$, da bi se ograničila nejednolika podjela napona u ležajnom valjku. Kod lakih metala to bi odgovaralo odnosu $h_a/l \geq 1/2$.

Taj se uslov kod mostova od lakih metala redovno ne će moći ispuniti. Pokretni ležajevi s jednim valjkom, koji bi inače odgovarali za relativno lake aluminijske konstrukcije, bili bi na taj način praktično isključeni od primjene, ako se konstruktivnim mjerama ne eliminira poprečan nagib glavnih nosača pod pokretnim opterećenjem. Konstruktivne mogućnosti u tom smjeru postoje.

S obzirom na osjetljivo povećane dilatacione pomake od temperaturnih uticaja i od pokretnog tereta, kod mostova od lakih metala pretežno će se primjenjivati opća dispozicija prema sk. 3. Do-



Sk. 3

punski naponi, koji se pojavljuju u konstrukcijama od lakih metala kod spriječene dilatacije, doduše su manji nego li kod čeličnih, ali je ipak povoljnije, da se konstruktivnim dispozicijama osigura mogućnost slobodnih pomaka konstrukcije.

7. Završne napomene

Ekonomska poredba konstrukcija od lakih metala i čelika pokazuje, da su razlike u visini građevnih troškova već u sadanjim uslovima relativno malene, ako se uzmu u obzir podjednaki troškovi za izvedbu donjeg stroja objekata i vjerojatne uštede na transportu i montaži aluminijskih konstrukcija.

Razlike u svojstvima lakih metala i čelika uslovljavaju različite specifičnosti u projektiranju, izradi i montaži objekata. Analiza konstruktivnih osobitosti mostova od lakih metala pokazuje, da se, uz udovoljenje određenim uslovima, mogu projektirati i izvoditi objekti manjih i srednjih raspona, koji će po osnovnim dimenzijama i proporcijama odgovarati tipovima, koji se normalno primjenjuju u čeličnoj mostogradnji.

Aluminijska industrija Jugoslavije, slično ostalim industrijskim granama, nalazi se u snažnom razvoju. S pravom se može očekivati, da će se u dogledno vrijeme i kod nas pristupiti projektiranju i izvedbi mostova od lakih metala. Autor je smatrao korisnim, da ukaže na određene probleme, koje bi, pored ostalih, u tom slučaju trebalo uzeti u obzir.

Ovaj napis pretstavlja izvod iz neobjavljene studije autora »O primjeni lakih metala u mostogradnji«.

LITERATURA:

Stüssi: Tragwerke aus Aluminium, 1955.
Aluminium — Taschenbuch 11. Aufl.
Aluminium im Ingenieurbau. Al-Zentr. Düsseldorf, 1955.
Graf-Schleicher: Taschenbuch für Bauingenieure, 1955.
Časopisi, rasprave i t. d.

O PENDLU I KVADERU

Prof. Ing. **Kruno Tonković**, Zagreb

U prijašnjim razmatranjima pendla i kvadera (Građevinar 1954.) nisu bili neki podaci potanje komentirani. Proizašlo je to iz težnje, da članak bude što kraći te iz stanovitih nedostataka u tisku. Ovim su bilješkama proširena prvotna izlaganja.

Kvaderima nazivamo blokove na koje ozgo djeluje pritisak na manjoj plohi nego što je presjek kvadera, a ozdo leže na podlozi, koja ima barem takve dimenzije kao što su dimenzije presjeka kvadera.

Pendli, ta vrst pokretnih ležišta, u stvari su tlačni štapovi provideni ozgo i ozdo zglobom. Oni ne mogu preuzimati horizontalne sile u ravnini glavnih nosača (izuzev sila u veličini otpora). Od valjaka se razlikuju time što se dodirna izvodnica u zglobu kod njih ne mijenja. Pendli se upotrebljavaju obično za pritiske do 500 t, ali ima izvedenih pendla za znatno veće pritiske.

Sa povećanjem primjene prednapetog betona raste i zanimanje za ispitivanje stanja u kvaderima, jer pojava kvadera postoji na svakom mjestu gdje se na beton predaje sila iz kabela bez obzira na to, da li se sile predaju na površini konstrukcije ili negdje u unutrašnjosti.

———

Računsko provjeravanje kvadera na bazi pretpostavke elastičnog ponašanja materijala treba primati sa rezervom. Beton se u blizini dodirnih ploha pod velikim pritiscima ne ponaša kao elastičan materijal, nego poprima u stanovitom odnosu svojstva tijesta. Efekt armiranja i stanje betona u mjestu dodira teško se mogu obuhvatiti prikladnim računom.

U ovim razmatranjima nije obuhvaćeno provjeravanje onog neposrednog mjesta, u kojem se više ili manje koncentrirano prenosi pritisak. Ta se dodirna mjesta mogu konstruktivno izvesti na različne načine, ali u principu ili će postojati neposredni prenos sile sa betona na beton, ili će se sila prenositi preko nekog uloška. Takav uložak može biti olovna, čelična ili bakarna ploča, liveno gvožđe i dr. U svakom slučaju, neovisno od ovih razmatranja, kompletan proračun elemenata mora obuhvatiti i provjeravanje njihovih zglobova te ispitivanje lokalnog pritiska na beton, bio predviđen uložak ili ne bio, te ustanovljenje opterećenja odnosno naprezanja toga uloška.

Pritisak na beton u zglobu je lokalno opterećenje nekog manjeg dijela presjeka betona. Tako opterećen beton ima veću relativnu čvrstoću nego kad bi bio opterećen na čitavoj plohi.

Povećana nosivost kod takva lokalnog opterećenja može se naći po izrazu: $\sigma_l = k_l \cdot \sigma_0$.

Tu je:

σ_0 = osnovni dopušteni napon,

σ_l = dopušteni lokalni napon,

k_l = koeficijent povećanja napona.

Po Bauschingeru je: $k_l = \sqrt[3]{F/f}$,

po Guyonu: $k_l = 0{,}5\left(\frac{3\,D}{d} - 1\right)$,

po francuskim propisima:

$$k_l = 4 - 5\,\sqrt{f/F} + 2\,f/F\ .$$

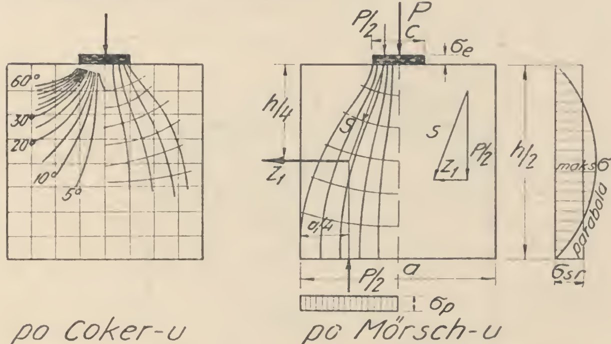
U izrazima je:

f, d = površina, promjer lokalno opterećene plohe,

F, D = površina, promjer presjeka čitavog uzorka.

Guyon je ispitivao probušeni cilindrični uzorak visine 1,2 D, pritisnut uzdužno po kružnoj plohi promjera d. Bauschinger je promatrao uzorak čija je visina bila manja od širine, a do razaranja je došlo zbog pojave pukotina kao kod kvadera. Međutim, kod traženja lokalne čvrstoće nije interesantan razlog sloma čitavog uzorka, nego razaranje zbog trajnih lokalnih poremećaja u samom mjestu dodira.

Bauschingerova i Guyonova formula daju očigledno suviše velike vrijednosti kad je f relativno malen, jer je po njima granična vrijednost beskonačna; zato je bolje u takvim slučajevima primijeniti treći izraz. Po Caquot-u je granična veličina k_l za beton oko jedanaest.



Sk. 1: Trajektorije glavnih naprezanja po Cokeru i unutarnje sile u kvaderu po Mörschu

Praktički proračun kvadera dao je još pred tridesetak godina Mörsch. Njegovi izvodi baziraju na promatranjima trajektorija glavnih napona u ploči opterećenoj kao kvader, koja je proveo Coker. Kod tih zaključaka je pretpostavljeno, da su (0,5 h = 1,0 a do 1,1 a) pritisci praktički uzeto jednoliko raspodijeljeni na širini »a« jednakoj udaljenosti od mjesta opterećenja, te da su ti pritisci paralelni sa smjerom opterećenja P. Po obliku trajektorija vidimo, da se neposredno uz mjesto opterećenja javljaju i u poprečnom smjeru tlačne sile, ali Mörsch zanemaruje tu pojavu i usto dalje pretpostavlja (Krüger 1906), da se sila Z_1 mijenja duž visine kvadera po zakonu parabole, pa dobivamo najveći vlačni napon odlučan za dimenzioniranje sa

$$\text{maks}\,\sigma_v = 1{,}5 \cdot \frac{Z_1}{b\,h}\,;\quad Z_1 = P\,\frac{a\,(1-\beta)}{2\,h}$$

a potrebna poprečna armatura dana mu je izrazom

$$F_{aa} = 1{,}5\,P\,\frac{a\,(1-\beta)}{2\,h\,\sigma_{da}}$$

Ali, tako gledano, možemo ići još dalje, pa ćemo uz daljnju pretpostavku, da je c = 0 i h = = 2 a, dobiti jednostavno:

$$Z_1 = P/4.$$

Međutim, ta razmatranja nisu za današnju praksu dovoljna, jer se javljaju u konstrukcijama razni odnosi blokova i opterećenja na njima, pa su i razmjeri onih dijelova koje treba tretirati kao kvadere veoma različni.

Da bi se bolje obuhvatile okolnosti, koje se javljaju u kvaderima kod takvih raznolikih slučajeva, proveli su razni autori kao Tesar, Miura, Dončenko, Guyon i drugi niz ispitivanja na uzorcima u laboratorijima. Za ilustraciju dodat ćemo prije izloženim podacima još neke rezultate, koje je dobio Guyon. Na skicama 2. vide se linije (izobare), koje spajaju mjesta jednakih poprečnih napona u kvaderu. Kao što se vidi, ispitivanje je provedeno za utjecaj raznih načina opterećenja kvadera.

Osim vertikalnih opterećenja ispitivao je Guyon i utjecaj kosih opterećenja. Općenito možemo takvo opterećenje rastaviti na vertikalno opterećenje i opterećenje horizontalnom silom kao što je to dano na skici 3., te računati prema ranije izloženom.

Interesantno je međutim, da po ispitivanjima Guyona utjecaj kosine opterećenja do odnosa kosine 1 : 10 nije praktički uopće primjetan. Oblik, veličina i raspodjela vlačnih sila ostaje bez primjetne promjene prema stanju kod posve vertikalnog opterećenja.

Iz podataka Guyona vidimo, da u kvaderima postoje dvije vlačne zone, koje su rastavljene zonom pritiska. Prema tome se na gornjoj plohi kvadera javljaju vlačni naponi, pa tu zonu treba armirati. Veličina vlačnih sila na gornjoj površini ovisi o koncentriranosti opterećenja. Ona se mijenja ovako:

β	0,00	0,10	0,25	0,50
	0,04P	0,03P	0,025P	0,02P

Praktički se može računati sa $Z_2 = 0{,}04P$.

Veličina p, koja je dana na skicama, srednji je napon u horizontalnom presjeku kvadera i iznosi p = P/ab.

Diagrami vlačnih napona u smjeru stranice »a« kvadera već su bili ranije prikazani. Na skici 5 dani su ti podaci ponovno detaljnije po Guyonu.

Centrično opterećenje | Ekscentrično opterećenje | Opterećenje od dvije sile | Opterećenje od četiri sile

Sk. 2: Rezultati ispitivanja utjecaja različiti opterećenja na kvader po Guyonu

Površina diagrama daje ukupnu vlačnu silu u smjeru stranice a. Zbog uvjeta ravnoteže mora površini vlačnog dijela biti jednaka površina tlačnog dijela diagrama, koji na skici nije ovdje prikazan. Za slučaj $\beta = 0$ čini se da tlačnog dijela uopće nema; međutim, tada bi na gornjoj plohi napon bio beskonačan. Po Guyonu veličina ukupne sile u tom slučaju iznosi otprilike 0,3 P.

Sk. 3: Shema opterećenja kvadera kosom silom

Budući da su ti problemi bili već tretirani ovdje se na tome ne ćemo dalje zadržavati; napominjemo samo, da se osim proračuna po Dončenku može odrediti interesantne sile u kvaderu i po tablicama, koje je sastavio Guyon (Béton précontraint).

Sk. 4: Utjecaj male kosine opterećenja po Guyonu
Crtkane linije i brojke u zagradi odnose se na koso opterećenje

Osim određivanja potrebne armature za preuzimanje vlačnih sila u kvaderu u raznim smjerovima i računanja sigurnosti protiv pukotina, koje se mogu u kvaderu pojaviti, interesira nas u prvom redu način, na koji se može tretirati neki kompliciraniji slučaj opterećenja kvadera.

Sk. 5: Diagram vlačnih napona u smjeru stranice a

Već smo ranije naveli naše stanovište, da kvaderom u nekom bloku betona smatramo onaj dio toga bloka, koji armiramo kao kvader. Ta je proizvoljna postavka dobila svoju potvrdu u novijoj literaturi, pa je na skici 6 i 7 prikazano nekoliko takvih tretiranja raznih složenih slučajeva kvadera.

Na skici 6 prikazan je neki veći blok betona, na koji djeluje koncentrirani pritisak. Osnovnu veličinu kvadera možemo odrediti tako, da je širina kvadera 3 c jednaka dubini, pa će se proračunom takvog kvadera dobiti armatura potrebna u tome dijelu bloka. Međutim, time smo dobili dva različna dijela bloka: armirani dio tretiran kao kvader i drugi dio, koji bi prema tome ostao bez armature. To, naravno, nebi bilo ispravno. Zato je podesnije promatrati niz sve većih kvadera i dobiti postepeno prorjeđivanje armature s udaljivanjem od mjesta pritiska.

Sk. 6: Shema ispitivanja kvadera u nekom bloku betona

U slučaju da na neki blok djeluje nekoliko opterećenja može se raditi prema skici 7, gdje se smatra, da je blok raskoljen na toliko kvadera koliko imade sila. Time će se dobiti armatura svakog pojedinog kvadera, ali nije ispitana sigurnost protiv pukotina između kvadera. Slučaj opterećenja bloka sa dvije sile dan je ranije po Sieversu.

Takva razmatranja imat će utjecaja ne samo na veličinu proračunskih sila u kvaderu i na potrebnu proračunsku količinu armature, nego i na razmještaj armature u kvaderu. Ako na pr. (vidi skicu 8) diagram sastavljanja sila po Mörschu nacrtamo točnije, uzimanjem u obzir gornjeg konkavnog toka trajektorija, spustit će se sila Z_1 niže i armatura bi prema tome bila dublje u betonu. Kod toga se može dogoditi, da bi gornji dio betona uz dodirno mjesto ostao bez armature. Zato bi tamo trebali dodati još posebni sloj u smislu prije navedenog (η h).

Sk. 7: Primjer kvadera u prednapetoj konstrukciji dobivenih putem rastavljanja bloka u manje kvadere

Sk. 8: Tokovi sila u kvaderu kod centričnog opterećenja

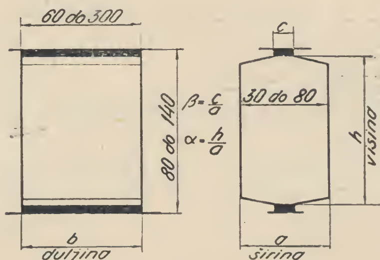
Sk. 9: Tokovi sila kod ekscentričnog opterećenja kvadera

Kod ekscentričnog opterećenja kvadera (vidi skicu 9) razdiobu sila je još teže odrediti. Može se približno računati, da sila S leži u nagibu 1 : 3, ali su takve vrijednosti grube. Ovdje će se sila Z_1 nalaziti bliže mjestu usidrenja nego kod centričnog opterećenja.

Te okolnosti treba imati u vidu prilikom razmještaja šipaka armature.

U prvom članku, koji obrađuje točnije provjeravanje kvadera i pendla, suviše su kratko izložene neke postavke proračuna, da bi se neposredno moglo vidjeti njihovu opravdanost. Tako na pr.

kod prikazanog proračuna sigurnosti na pukotine, koje se mogu pojaviti u pendlu (i teku od mjesta pritiska otprilike u smjeru simetrale pendla prema dolje), nisu detaljno navedene početne pretpostavke, pa se napisani izraz za »h b« može činiti nejasan. Taj izraz dan u obliku hb podesan je kod projektiranja, kada prema zadanom pritisku, odnosno određenoj sili Z tražimo potrebnu visinu i duljinu pendla.



Sk. 10: Uobičajene dimenzije i oznake pendla

Do formule »hb« može se doći ovako:
Prelomno je:

$$R_v = \sigma_b \cdot k,$$

korisna je površina betona:

$$F_b = \eta\, h\, b; \quad P = \mu\, Z,$$

u betonu je:

$$F_b = \frac{P}{\sigma_b} = \frac{\mu\, Z \cdot k}{R_v}$$

Pretpostavlja se, da će predviđena armatura djelovati povoljno, ali u granicama dopuštenih napona. U armaturi je dakle:

$$F_a = \frac{\mu\, Z}{\sigma_{da}}$$

Ukupno bi bilo:

$$F_k = \eta\, h\, b = \frac{\mu\, Z\, k}{R_v} - n\,\frac{\mu\, Z}{\sigma_{da}}; \text{ odatle je:}$$

$$h\, b = \frac{\mu\, Z\, k}{R_v \cdot \eta} - n\,\frac{\mu\, Z}{\sigma_{da} \cdot \eta} \text{ ili dalje:}$$

$$k = R_v \left(\frac{\eta\, h\, b}{\mu\, Z} + \frac{n}{\sigma_{da}}\right)$$

Nadalje se može primijetiti, da u navedenom članku proračun armature u smjeru »h« nije kompletan, jer se neki puta »neobrazloženo« prelazi od smjera »b« na smjer »h« i bez uvođenja Poissonova koeficijenta.

Ako promatramo čitav proračun poprečne armature u smjeru »b«, vidimo, da se ta armatura može računati i po formuli za Z_o, a ne samo po izrazu za Z_u. Izraz za silu Z_o možemo naime primijeniti i za proračun armature u smjeru duljine pendla »b«.

$$Z_o = [0{,}21\, \alpha + 0{,}5\, (1{,}09 - \beta)^2]\, P,$$

$$\alpha = \frac{h}{a}, \quad \beta = \frac{c}{a}$$

Ako je c = a, tada možemo kao dovoljno točno pisati:

$$Z_o = 0{,}21\, \alpha\, P.$$

Međutim, tu uopće nema promjena u širini plohe opterećenja, pa nema ni otklona trajektorija sila; pendl je u tome smjeru obični tlačni štap, pa bi se prema uobičajenim proračunavanjima takvih štapova moglo uzeti, da je $Z_o = 0$. Po Dončenku je Z_o različan od nule. Opravdanje za to daje nam i izloženo razmatranje odnosa poprečnih i uzdužnih deformacija, iz kojeg je slijedilo i traženje sile Z_u.

Ako usporedimo Z_u i Z_o, vidjet ćemo, da je na primjer kod odnosa $h = a$, $\alpha = 1 \ldots$ $Z_o = 0{,}21\, P$. Mogli bismo reći, da je ovdje prelazni koeficijent 0,210. To međutim vrijedi samo za odnos $h = a$.

Provjeravati bismo mogli tako, da izračunamo Z_o i Z_u, pa odlučnom smatramo onu vrijednost, koja je veća, ukoliko nas konkretne okolnosti ne upućuju na izbor drugih veličina.

Kod toga se ovdje nameće interesantan zaključak, da bismo prema tome i svaki tlačni štap trebali armirati bilo prema Z_o ili prema Z_u po kojem računamo poprečne vlačne sile iz pretpostavke sprečavanja poprečnog širenja pritisnutog elementa.

Promotrimo sada proračun armature u smjeru »h« (duž visine pendla), koji je pomutnjom izostao iz prvog članka.

Kao u svakom tlačnom štapu od armiranog betona tako i u pendlu i kvaderu treba staviti armaturu i duž visine elementa. Ta se armatura donekle može odrediti na razne načine; ovisi to o našoj kritičnosti na pretpostavke tih načina.

U prvom redu možemo pendl smatrati običnim tlačnim štapom. Po općim direktivama za takve štapove imali bi:

$$F_{ah} = n_1\%\, F_b$$

ovdje je:

$$n_1 = 0{,}25 + 0{,}052\, \alpha;$$

duljina izvijanja bila bi jednaka visini pendla. Kod običnih dimenzija pendla je $h = 1{,}5\, a$, pa je:

$$F_{ah} = 0{,}0033 \cdot ab.$$

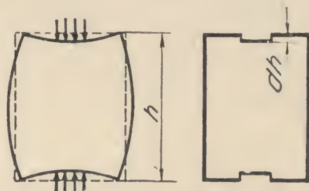
Takvo je provjeravanje prijeko potrebno kod visokih pendla, gdje je duljina izvijanja relativno velika, ali to provjeravanje nije dovoljno.

Tako odmjerenu armaturu smatramo suviše oskudnom za pendle i kvadere. Okolnosti su kod njih kompliciranije nego kod običnih tlačnih elemenata, u kojima nema sprijeda izloženih problema.

Naravno, da u pendlima i kvaderima treba ispuniti kao nužne, ali ne i dovoljne uvjete sva ona traženja, koja zahtijevaju propisi i direktive za konstruiranje armiranih betonskih tlačnih elemenata. To su na pr. maksimalni dopušteni razmak vilica, minimalna količina uzdužne armature i dr.

Interesantan je podatak o minimalnoj količini uzdužne armature, koju u takvom štapu treba predvidjeti. Po nekim propisima ta količina mora biti barem 0,003 F_b. U literaturi se međutim nailazi na podatak, da je količina 0,003 suviše malena i za obične tlačne štapove, pa se traži, da tlačni elementi imaju barem 0,005 F_b armature.

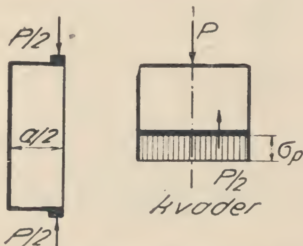
Postoje ipak neke mogućnosti proračunavanja, koje bi mogle dati konkretne brojčane odnose. Uzmimo na primjer kao polaznu točku pretpostavku, da armaturom želimo spriječiti pojavu većih razlika u deformaciji pojedinih dijelova pendla. (Vidi skicu 11.)



Sk. 11: Deformacije pendla-karikirane

Srednji dio pendla bi se drukčije deformirao od krajnjih dijelova. S obzirom na težnju, da ne dođe do pukotina, treba naći potrebnu uzdužnu armaturu.

Ili pak možemo promatrati stanje u pendlu nakon pojave pukotina (to je stanje promatrao i Faerber), (vidi skicu 12), te ispitati savijanje polovine širine pendla. Takve ćemo rezultate dobiti i kad promatramo konzolu što je čini polovina širine kvadera u odnosu na simetralu (uz c = 0).



Sk. 12: Savijanje pendla i kvadera

Tada možemo pisati: M = 0,125 Pa, ako krak unutarnjih sila računamo približno sa 0,25 a.

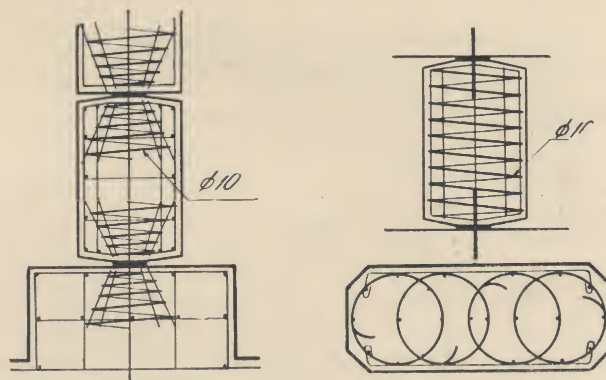
Konkretne veličine, koje se na takve načine mogu dobiti u pojedinim slučajevima, vrlo su različne, a vrijednost tako dobivenih rezultata je gdjekad neuvjerljiva. Usto po jednom izlazi, da armaturu treba staviti bliže sredini, a po drugom bliže periferiji pendla i t. d.

U takvim je okolnostima možda najjednostavnije raditi u praksi tako, da se u smjeru stranice »h« predvidi jednaka količina armature, kao u smjeru stranice »b«, izračunata po prije izvedenoj formuli za Z_u ili Z_o.

To znači drugim riječima, da dva smjera armiramo s jednakom količinom armature, pa samo treći smjer armiramo različno.

Izraženo formulom to znači: $F_{ah} = F_{ab}$, što je primijenjeno u ranije danim podacima bez komentara.

Ispravnost takva postupka može se doduše principijelno osporiti, ako se problemi promatraju samo s računske strane, ali tako odmjerenu količinu armature ni nema smisla tretirati kao rezultat proračunavanja, nego kao konstruktivnu veličinu jednako vrijednu kao što su to prije navedeni podaci o minimalnoj količini uzdužne armature tlačnih štapova i sl. To naravno ne znači, da rezultate drugih računanja bilo u smislu navedenog bilo u nekom drugom smjeru treba potcjenjivati. Buduća eksperimentalna i teoretska istraživanja sigurno će donijeti novih upotrebivih rezultata.



Sk. 13: Pendli sa spiralnom armaturom

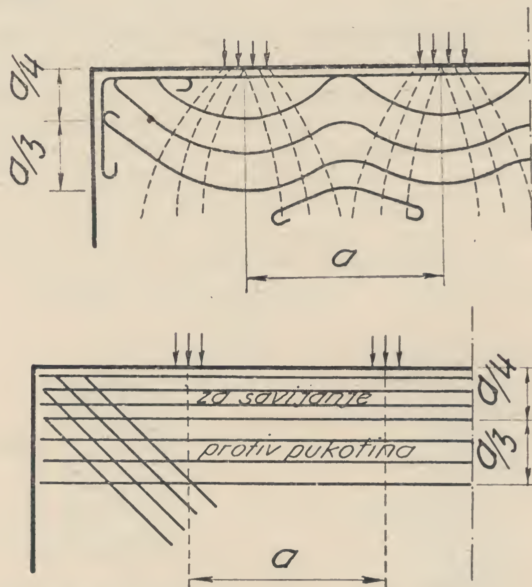
U izloženom provjeravanju pendla i kvadera govoreno je stalno o mrežastoj armaturi betona, koja je položena u tri glavna smjera bloka betona. Takvom je armiranju podešeno i proračunavanje.

Mrežastu armaturu smatramo podesnijom od spiralne već s toga razloga što mreža obuhvata jednoliko čitav beton pendla ili kvadera, dok se kod spiralne armature beton unutar spirale i beton izvan nje različno ponašaju pod opterećenjem. Zato kora od betona izvan jezgre kod pokusa najprije popuca i odlijepi se od ostalog betona. I kod dvostrukih spirala nisu što se toga tiče rezultati bolji, jedino slom nastaje kasnije. Povećana nosivost betona unutar spirala nije usto dovoljno efikasna, jer spirale obuhvataju samo dio presjeka betona. Druga je stvar, ako se povrh mreže armature, koja će se odrediti prema ovim razmatranjima, predvide lokalno spirale ili niz spirala na mjestima gdje su naponi najveći, na pr. uz dodirne plohe.

Proračunski ustanovljena količina armature može se rasporediti u betonu na razne načine. Tako na pr. poprečna vlačna armatura u smjeru stranice »a« može biti razmještena jednoliko po visini η h, no prakticira se i to, da se u trećinu visine bližu zglobu razmjesti 60% ukupne te armature, a može se primijeniti i neki drugi razmještaj.

Na skici 14 dani su neki detalji armiranja, gdje se vide kose šipke prema uglovima kvadera, koje treba predvidjeti ukoliko se uglovi ne otsijecaju.

Treba zatim imati u vidu, da se često sile raspodjeljuju prostorno, pa će postojati dva smjera rasprostiranja. Tada treba kvader računati u oba smjera.



Sk. 14: Shematski prikaz nekih armiranja

Kod pendla obično prolaze kroz zglob posebne šipke-sidra, koja povezuju gornju i donju konstrukciju s pendlom u cjelinu. Takva su sidra svakako potrebna, kad se u zglobu mogu javiti i vlačna opterećenja. Način polaganja te armature može biti značajan.

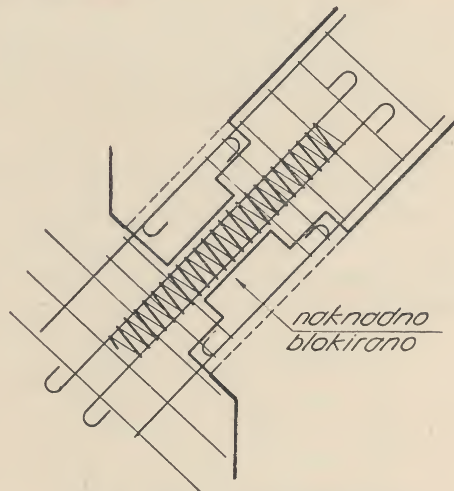
Preporučili bismo, da se u zglob stave paralelna sidra, koja leže u sredini naljezne plohe, te da profil tih šipaka ne bude suviše debeo. Takvo rješenje sadrži najmanje problema i mogućnosti slabog funkcioniranja. Kod djelovanja zgloba pretpostavljamo, da će doći do savijanja sidra, na koje treba utrošiti stanovitu energiju, usto takvo savijanje dovodi do pojave »starenja« materijala. Da bi se izbjegao utjecaj savijanja sidara na beton, predviđaju se gdjekad čelične cijevi, u koje se stave sidra.

Zglobovi pendla ili kvadera mogu se armirati na razne načine. Zbog uvida u te probleme spomenut ćemo ovdje neka rješenja.

Zglob tipa Considéré u stvari je spiralno armirani tlačni štap. Promjer u zglobu je manji od presjeka osnovnog elementa u kojem se zglob nalazi. Presjek unutar spirale odabran je tako, da se u njemu dosiže pod opterećenjem granica plastičnosti. Stupac je dakle savitljiv te na tom mjestu može doći do zaokretanja, a plastičnost osigurava centričnu predaju uzdužne sile. Takav zglob treba kasnije zabetonirati; spiralno armirani stupac osjetljiv je na savijanje.

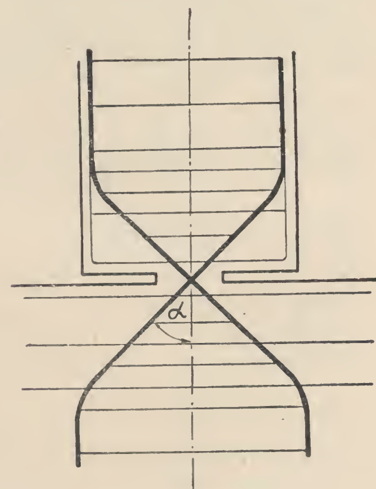
U zglobu tipa Mesnager armatura, koja prolazi kroz dodirnu rešetku, savijena je unakrsno, tako da u parovima tvori oblik slova X.

Nosivost zgloba može biti posve prepuštena kosim šipkama. Tada beton nema drugu ulogu, osim da štiti armaturu.



Sk. 15: Shema zgloba Considéré

Mesnager je promatrao taj zglob samo pod opterećenjem na uzdužni pritisak, kojemu smjer ostaje unutar kuta što ga tvore kose šipke međusobno. Njegova su ispitivanja pokazala osjetljivost jezgre na pukotine, pa je preporučio: da se sa naponima u čeliku ne prelazi 800 kg/qcm, da kose šipke budu duge barem 40 d sa svake strane zgloba, da je cos $\alpha = 0{,}77$ i da se beton jako armira u



Sk. 16: Shema zgloba Mesnager

poprečnom smjeru, jer šipke, koje su koso savijene, proizvode (ako se samo preko njih prenosi sila u dodirnoj rešci) poprečne vlačne sile s tendencijom da cijepaju beton u kvaderu. Time se još pojačavaju nepoželjne pojave, o kojima je bilo govora ranije. To se djelovanje može ublažiti, ako se pritisak u zglobu prenese putem posebnog uloška, kroz koji prolaze kose šipke, ali se u tom slučaju postavlja pitanje, da li su kose šipke uopće potrebne i koliko su podesne s obzirom na izradu detalja.

Mesnagerovi zglobovi nemaju veliku nosivost. Uzmimo, da u zglobu postoji »k_s« šipaka profila »d« ukrštenih pod kutem 2α; opterećenje neka je P u smjeru simetrale šipaka.

Opterećenje jedne šipke bit će tada:

$$N = \frac{P}{2 k_s = \cos \alpha} \quad \text{ili} \quad d = \sqrt{\frac{2 P}{\pi \sigma_a k_s \cos \alpha}}$$

Ako bi u zglob nagurali šipke jednu do druge, tako da se dodiruju, dakle, najveći mogući broj šipaka, tada bi nosivost zgloba za jedinicu širine zgloba bila:

$$p_o = \frac{P}{2 k d} \cdot \frac{\pi d \sigma_a \cos \alpha}{4}$$

Ako računamo sa vrijednostima prema preporuci Mesnagera, tada će za šipke profila 40 mm biti:

$$p_o = \pi 4 \cdot 800 \cdot 0{,}77 \cdot 0{,}25 = 1900 \text{ kg/cm}.$$

Praktično je teško ostvariti više od 1500 kg po cm duljine zgloba, zbog varijacija u smjeru sile P.

Iz navedenih razloga treba razmisliti o prikladnosti takva zgloba, u svakom konkretnom slučaju.

Za projektiranje pendla i kvadera mogu se dati stanovite direktive, koje olakšavaju rad konstruktera. To su:

Duljina pendla uzima se obično jednaka širini grede, ali ako su pritisci veliki, izvodi se pendl preko čitave širine konstrukcije. Tada treba voditi računa o opterećenju poprečnih nosača na ležaju.

Širina pendla neka je jednaka otprilike trostrukoj širini naljezne plohe u zglobu.

Debljina olovnog uloška neka ne bude tanja od 15 mm.

Visina pendla neka bude kojih 1,5 širina pendla, a visina kvadera 0,70 do 0,75 širine pendla.

Kod određivanja armature kvadera u svakom većem bloku betona kvaderom smatramo onaj dio betona, koji tako i armiramo.

Gustoća armature neka opada sa udaljivanjem od zgloba.

Razmak šipaka armature u mreži neka ne bude manji od 100 mm, profil šipaka od 8 do 14 mm. Veličina okna 100 do 150 mm.

Da se izbjegne gomilanje kuka, preporuča se mjesto pojedinačnih kratkih komada predvidjeti vitice od šipaka. Količina armature neka iznosi barem 0,5% stvarnog presjeka betona, ali ne više od 3%. Visina hoda spirale ne manja od 80 mm, ni veća od petine promjera spirale.

Beton neka imade čvrstoću i kvalitet barem M-220, ali bolje M-300 ili M-450.

U praksi prednapetih konstrukcija susrećemo se sa detaljima, u kojima se nablizu nalazi nekoliko koncentriranih tereta. U takvim složenijim slučajevima treba raditi kao kod ispitivanja bloka stupa i usto računati kvadere zasebno. Kod toga je povoljno, da se težište trapeza napona nalazi na liniji sile. Ali može se rješenje potražiti i grafički; crtanjem tokova sila i sastavljanjem tih tokova u rezultirajuća djelovanja. Iz zakrivljenosti tokova vidi se tada, gdje nastaju veći vlačni naponi, koje treba preuzeti armaturom. Ostala mjesta dobro je također armirati, barem s nekom minimalnom armaturom.

U slučajevima kad se radi o vrlo velikim opterećenjima ili o detaljima koji se mnogokratno ponavljaju, poželjno je da se kompliciraniji oblici blokova i razmještaj tereta istraži na modelima pomoću fotoelastičnih metoda ili pak na koji drugi način. U takvim će slučajevima ispitivanje na modelima dati vrijednije rezultate nego što se to danas može postići računskim putem.

UNAPREĐENJE MONTAŽNOG SISTEMA GRAĐENJA

Ing. **Milan Kružićević,** Zagreb

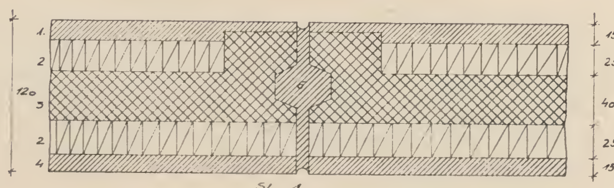
Velika potreba za stambenim prostorom zahtijeva brz razvoj montažnog odnosno industrijskog građenja. U našem građevinarstvu takve vrsti učinjen je znatan napredak.

Među pionirima industrijskog građenja kod nas nalazi se tvornica montažnih kuća i građevnih elemenata »JUGOMONT« u Zagrebu, koja je osnovana god. 1955.

Montažni sistem sastojao se od nekoliko osnovnih elemenata. To su: zidni elemenat t. zv. pano, azbest-cementno brtvilo, montažni strop od opeke i krovište.

Pošto su brtvila u praksi pokazala izvjesne nedostatke, prišlo se polovinom god. 1958 temeljitom unapređenju građenja, čiji je osnovni cilj bio poboljšanje spoja dvaju zidnih elemenata uz isključenje brtvila.

Paralelno se radilo na pronalaženju novog tipa montažnog stropa, koji bi bio osjetljivo jeftiniji, a istovremeno prikladan za brzu montažu.



Sl. 1

U uskoj vezi sa stropnim nosačima tragalo se za materijalima, koji bi omogućili potpunu montažu podne i plafonske konstrukcije.

Sl. 2

Spomenuti problem spoja riješen je na taj način, što se zidni elementi — sendvič panoi — postavljaju jedan do drugoga bez brtvila. Toplinski »mostovi« su izbjegnuti polaganjem izolacionog sloja drvolita po čitavoj površini zidnog elementa. Žljeb među elementima zaliva se izolacionim mortom na bazi UP paste i azbestnih vlakanaca. Rezultat je dobar.

Razlikuju se dva tipa zidnih elemenata:

Za prizemnice i industrijske hale izrađuju se sendvič elementi s nosivom jezgrom i okvirom u kombinaciji sa dva sloja drvolita, dok elementi za jedno- i dvokatnice imaju jači nosivi dio, s izolacijom samo sa unutarnje strane.

Sl. 3

Sl. 4

Zidni elementi su usidreni u temelje i betonski serklaž, koji se proteže preko unutarnjih i vanjskih zidova. Serklaž i sidra u temeljima ujedno ukrućuju sistem zidnih elemenata u jednu konstruktivnu cjelinu, koja se opire djelovanju horizontalnih sila.

Sl. 5: Pogled na montažno stubište

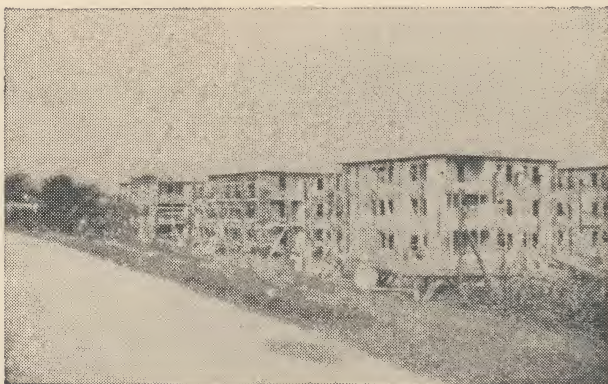
Zidni elementi potpuno zadovoljavaju statički i izolaciono.

Sl. 6: Pogled na gradilište »Kruge« — Zagreb

Ispitivanja toplinske vodljivosti na dovršenoj zgradi dala su ovaj rezultat:

$$k = 0{,}899 \text{ kcal/h}^2\text{ho.}$$

On pokazuje, da se može prijeći na izvedbu svih panoa s jednim slojem drvolita, kao izolacionim materijalom, što će znatno sniziti troškove gradnje.



Sl. 7: Cvjetno naselje u izgradnji — Zagreb

Kao zamjena slijepom podu, u laboratoriju tvornice pronađen je i ispitan lak izolacioni materijal, nazvan »arbolit«. To je neutralizirana blanjevina od crnogorice veličine iznad 4 mm, koja je vezana cementnim malterom. Parket se polaže na sloj asfalta, koji se prethodno premaže po izravnanoj površini arbolita. Prednost arbolita je i u tome, što se mogu izraditi gotove ploče t. zv. »parket table«, koje se mogu polagati na tanak sloj pijeska ili na sloj mršavog cementnog maltera. Na taj način se postiže potpuna montaža podne konstrukcije. Da bi montaža bila potpuna, projektirano je montažno stubište. Ono se sastoji od stubišnih tetiva i poprečnih nosivih greda, na koje se oslanjaju podestne ploče i gazišta. Stubište se može vrlo jednostavno prilagoditi klasičnom građenju.

Tako poboljšan sistem graeđnja pobudio je velik interes. Osim stambenih zgrada tvornica gradi škole, ambulante i industrijske hale. (Krovišta industrijskih hala sastoje se od lučnih elemenata, izrađenih od betonskih elemenata, proizvoda stroja »Komet«.) Nedavno je dovršena izgradnja reprezentativne pristanišne zgrade civilnog aerodroma u Plesu kod Zagreba.

Samo na teritoriju grada Zagreba bit će u toku 1959. god. izgrađeno oko 300 udobnih stanova.

U tvornici postoji istražna grupa s laboratorijem, koja stalno radi na poboljšanju postojećeg sistema i pronalaženju boljih i prikladnijih materijala. U toku ispitivanja nalazi se montažni strop tipa »L«. Elementi stropa izrađuju se od armiranog betona. Cijena po 1 m² površine niža je od one kod stropa od monta gredica izrađenih od opeke. Pokusna montaža pokazala je sve prednosti ovog stropa. Može se primijeniti na svakoj zgradi klasičnog tipa.

Dovršeno je ispitivanje montažnih plafonskih elemenata. Ti elementi se ulažu u profilirane letvice, koje se pričvršćuju na stropne gredice. Elementi se sastoje od gipsa, obostrano ukočenog čvrstim ljepenka papirom. Imaju dobru toplinsku i akustičnu otpornost. Težina im je minimalna. Zbog čvrstoće i elastičnosti otporni su na transport i ugradbu. Ugradba se može vršiti čavlima i lijepljenjem.



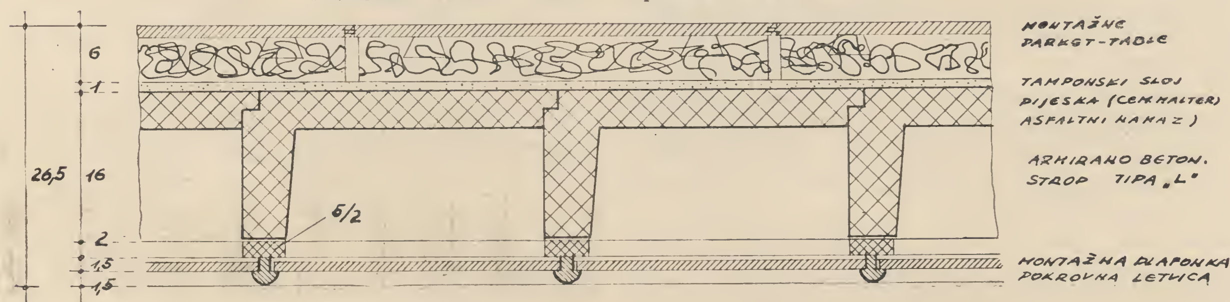
Sl. 8: Montaža pomoću dizalice

Također je pronađen nov lagani materijal, nazvan »Styromort«. To je mješavina styropor granula, koje su umočene u UP pastu, i cementnog maltera. Materijal je čvrst i dobar toplinski izolator.

Toplinska vodljivost iznosi:

$$\lambda = 0{,}10 \text{ kcal/m}^2\text{ho}$$

PRESJEK KROZ STROP — pod od montažnih tabli



Sl. 9

Za sada se taj materijal upotrebljava za izolaciju betonskih stupova i betonskog serklaža s unutarnje strane zida. Razmatra se mogućnost zamjene drvolita ovim materijalom.

U posljednje vrijeme vrše se pokusi i ispitivanja s ekspandiranom glinom. Ukoliko se dobiju povoljni rezultati, a proizvodnja materijala bude ekonomična, pristupit će se njenoj upotrebi za lake zidne elemente u kombinaciji s jednozrnim betonom ili samostalno.

Paralelno sa spomenutim ispitivanjima vrši se razrada sasvim novog sistema građenja, čija je osnovna svrha sniženje troškova. To će se postići time, što će se poprečnim elementima predati funkcija nošenja, a ostali elementi služit će samo kao ispuna.

S naših i inostranih gradilišta

AERODROM ZAGREB-PLESO - DOGRADNJA ZA CIVILNU UPOTREBU

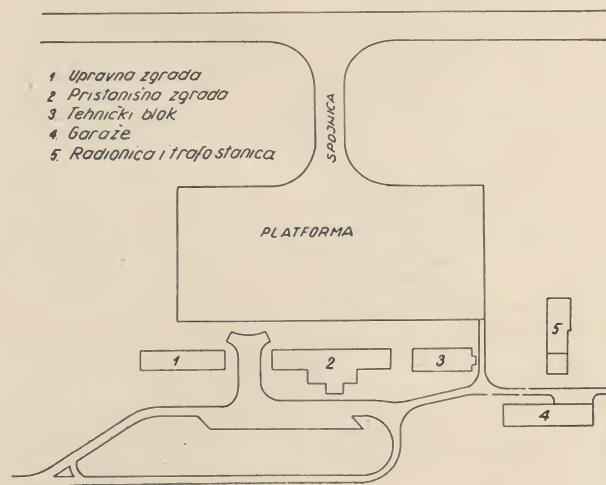
Ing. **Zdravko Horvat**, UCZ — Zagreb

Sve bržim razvojem zračnog saobraćaja pojavila se potreba da i Zagreb dobije moderan aerodrom, koji će moći da odgovori zahtjevu saobraćaja povećanog po intenzitetu i po uvođenju sve težih i bržih aviona. Dosada se zračna veza sa Zagrebom odvijala preko aerodroma u Lučkom, koji se sastojao od zatravljene sletno-uzletne staze i od skučenih prostorija za prijem i otpremu putnika. Kako na zatravljene vozne površine mogu da sleću samo lakši avioni, i to oni koji nemaju prednji stajni trap, t. j. nisu sistema tricikl, vidi se, da takav aerodrom nema perspektive. S obzirom na to, da na međunarodnim linijama lete brži i teži avioni, uglavnom sistema stajnog trapa (tricikl), koji za sigurno sletanje odnosno uzletanje moraju imati glatke t. j. asfaltne ili betonske vozne površine, Zagreb bi praktično bio isključen iz međunarodnog saobraćaja. Inozemne kompanije sve više se interesiraju za zračni saobraćaj s našom zemljom, a naročito za t. zv. charter linije, s time, da bi veći dio tih linija pristajao na aerodromu Zagreb. Te kompanije za međunarodni saobraćaj upotrebljavaju moderne avione, a i domaće aerotransportno poduzeće »JAT« sve više se snabdijeva takvim avionima, koji za pristajanje moraju imati odgovarajuće aerodrome.

Iz naprijed iznesenog se vidi, da je trebalo naći hitno rješenje za aerodrom u Zagrebu, i zato se prišlo dogradnji vojnog aerodroma Pleso za civilnu upotrebu, koji će odsada služiti za mješoviti saobraćaj. Samo to nije konačno, već privremeno rješenje, koje će kroz izvjesno vrijeme riješiti pitanje zrakoplovne luke Zagreb (sl. 1).

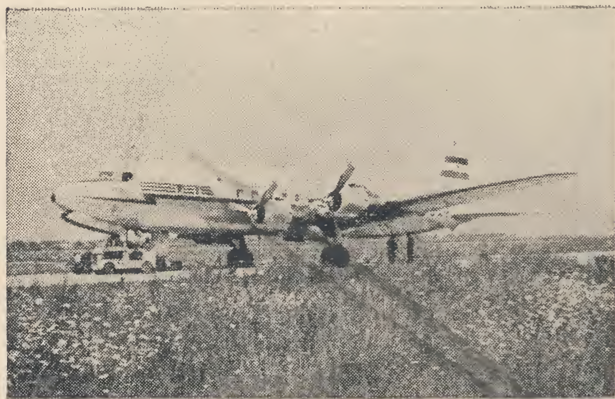
Saobraćaj sa aerodroma u Lučkom preseljen je još početkom ove godine na aerodrom Pleso, gdje se otprema i prihvat putnika privremeno vršila u jednoj maloj zgradi uz mnogo poteškoća, a parkiranje aviona DC3, IL-14 i Convair na napuštenoj rulnoj stazi, dok su veliki četveromotorni avioni morali da parkiraju na glavnoj rulnoj stazi, jer za njih nije bilo dovoljno mjesta ispred privremene pristanišne zgrade (sl. 2). U isto vrijeme užurbano se radilo, odnosno još se i radi, na naprijed spomenutoj dogradnji, tako da se što prije potpuno riješi pitanje parkiranja aviona, otpreme putnika i aerodromske službe. Inače je sam aerodrom već registriran kod međunarodne organizacije za civilni saobraćaj (ICAO) pod klasom A-4, t. j. za primanje aviona do ukupne težine od 50 tona.

Na budućem kompleksu civilnog dijela aerodroma radovi su u punom toku i pri svom završetku. Za prijem i otpremu putnika već je izgrađena nova pristanišna zgrada korisne površine 611 m², sa svim uređajima neophodno potrebnim na jednom takvom pristaništu. Uz tu zgradu podiže se zgrada uprave aerodroma, zatim tehnički blok za osiguranje zračne plovidbe i garaža s magazinima. Svi ti objekti su montažne izvedbe sistema panoa, i to lake montaže u izvedbi poduzeća »Jugomont« iz Zagreba, dok će se postojeća pristanišna zgrada uz potrebnu adaptaciju upotrebiti kao radionica i za prostorije karantene. Navedeni objekti postavljeni su prema platformi tako, da saobraćaj putnika i tehnička služba mogu što brže i funkcionalnije djelovati (sl. 3).



Sl. 1: Situacija civilnog dijela aerodroma

Za parkiranje aviona ispred pristanišne zgrade izvodi se platforma veličine 160,0×70,0 m, s potrebnom spojnicom širine 15,0 m do postojeće rulne staze. Te vozne površine dimenzionirane su prema CAA i CBR metodi za pokretno vozilo od 20,0 t opterećenja po izoliranom kotaču, pa je na osnovu toga dobiven ovaj normalni profil. Kolovozna površina od asfalt betona debljine 4+2 cm na sloju tucanika debljine 25 cm, na podlozi od kamena lomljenjaka debljine 20 cm, koja leži na šljunčanom tamponu d = 25 cm i pjeskovitom filtru d = 5 cm. Sami radovi na platformi započeli su u mjesecu ožujku, ali oni se ne odvijaju u predviđenom tempu, i to uglavnom s razloga učestalih oborina ovog proljeća i ranog ljeta. Zbog visokih vodostaja rijeke Save bila je izvanredno visoka podzemna voda, tako da je u najnepovoljnijim slučajevima dopirala do visine od 30 cm ispod površine posteljice. Sadržina vode tla kretala se je u većini slučajeva od 28,0% do 35,0%, a optimalna vlaga dobivena laboratorijskim ispitivanjima kreće se oko 23,0% (po Proctoru). Tako učestalo visok sadržaj vode u tlu (posteljici) vrlo se negativno odrazio na postizanju potrebne sabijenosti, koja se prema tehničkim uvjetima tražila za posteljicu sa ME — 150,0 kg/cm². Kod izvedbe gornjeg stroja vremenske prilike su se znatno popravile, pa je tempo rada bio mnogo brži i uspješniji. Izgradnjom ove platforme moći će se istovremeno parkirati po dva aviona tipa DC-6B i Convair ili četiri aviona tipa DC-3 i dva aviona tipa IL-14, što će za prvo vrijeme zadovoljavati .



Sl. 2: Avion »JAT«-a tipa DC-6B, parkiran na glavnoj rulnoj stazi

Pristup vozilima omogućen je izgradnjom pristupne ceste u odvojku od ceste II. reda Zagreb—Sisak u duljini od 1 330,0 m, na koju se vežu unutarnji putevi u duljini cca 430 m. Pristupni put izveden je širine planuma 9,0 m, a kolovoza 6,0 m. Gornji stroj puteva izvest će se kao tucanički kolovoz sa dvostrukom površinskom obradom. Predviđeno je mjesto za parkiranje 25 vozila. Uz ovo postoji i platforma za autobuse, gdje će se vršiti pretovar prtljage. Navedeni radovi na niskim gradnjama povjereni su komunalnom poduzeću »Cesta« iz Zagreba.



Sl. 3: Pogled na novu pristanišnu zgradu sa platforme za vrijeme izgradnje

Za potrebe aerodroma izgrađuje se lokalna vodovodna mreža od salonit cijevi, kao i fekalna kanalizacija s uređajem za pročišćavanje, tipa emšer s mehaničkim i biološkim filtrom, te otpustom u javni vodotok.

Za rukovođenje zračnom plovidbom uz spomenutu izgradnju tehničkog bloka podiže se još nekoliko odvojenih objekata, i to prijemni i predajni radio centar, te ultrakratki goniometar. Za prikupljanje meteoroloških podataka podiže se meteorološka osmatračnica. Noćni saobraćaj omogućit će se postavljanjem rasvjetnih mjesta uz rulnu stazu.

Dovod električne energije izvršen je priključkom na dalekovod u Velikoj Gorici s izgradnjom potrebne trafostanice. Telefonska veza postignuta je pomoću 50 paričnog telefon kabla do zagrebačke automatske centrale.

Za cjelokupnu izgradnju navedenog civilnog dijela aerodroma odobreno je investicionim programom Din 360 000 000, od čega za građevinske radove cca Din 230 000 000, za opremu 127 000 000, a za ostale troškove Din 3 000 000. Nabavljeni su iz uvoza radar, oprema za prilazno svijetlo, vatrogasna kola i navigaciona stanica ILS, koja služi za sletanje aviona po magli ili noću. Montaža navedene opreme započet će još u toku ove godine.

Predviđa se, da se kompleks civilnog dijela aerodroma Pleso stavi definitivno u promet u toku mjeseca listopada, kada će većina objekata biti uglavnom dovršena.

Iz građevne industrije

IMPREGNACIJA GRAĐEVNOG DRVETA

I pored velikog napretka u proizvodnji raznog građevinskog materijala, drvo danas i dalje zadržava svoje mjesto u raznovrsnim primjenama. Sama pak trajnost drveta kao građevinskog materijala od naročitog je značaja za ekonomiku građenja, kao i za naknadno održavanje.

Životni vijek drveta (trajnost) uvjetovan je brojnim faktorima, od kojih ćemo istaći glavne: vrst drveta, mjesto i uslovi pod kojim je drvo raslo.

Po svojoj prirodi mnoge su vrste drveta trajne: hrast, omorika, ariš, dok su neke vrste slabije trajne: topola, bukva, breza. Drvo s većom sadržinom sokova brže propada. Drvo, koje je raslo na visinama, pod suhim podnebljem, kao i drvo, koje dolazi iz hladnijih krajeva, otpornije je od drveta koje nije raslo pod takovim ili sličnim okolnostima.

S obzirom na prilično visoku cijenu drveta u građevinarstvu, kao i na spoznaju, da je vrijednost drveta svaki dan veća, ne samo zato, što bi se ono sve više upotrebljavalo kao građevinski materijal, nego i zato, što se drvo danas sve više kemijski prerađuje (celuloza, papir, viskoza, suha destilacija drveta) ili finalizira (namještaj i razni drvni proizvodi), razumljivo je, da čovjek već dugo vremena traži načina, kako bi drvo učinio trajnijim i otpornijim, a prema tome izgrađeni objekat sigurnijim i jeftinijim.

Napad na drvo dolazi sa dviju strana: od gljivica i od životinjskih štetočina.

Danas poznajemo oko 60 000 vrsta gljivica, ali ih je razmjerno vrlo malem broj, koji su razarači drva. Međutim, i taj mali broj je izvanredno štetan, jer se kod dovoljne vlage i topline gljive vrlo brzo šire i izazivaju gnjiljenje drveta. Uočeno je, da je najpovoljnija temperatura za rast gljivica od +3 do +38°C. Velika vrućina i velika hladnoća prouzrokuju, kao i postojana suša i prevelika vlaga, da gljive izumru. Drvo, koje se stalno nalazi u vodi, gnjili isto tako malo kao i drvo, koje se neprekidno drži suho. Najbolji dokaz za to su stare sojenice (drvene zgrade na stupovima u vodi) i staro pokućstvo.

Pored gljivica, na drvetu imade i životinjskih štetočina. Najopasniji među njima su termiti, koji uglavnom žive u tropskim krajevima. U našim krajevima ih nema, ali postoji uvijek mogućnost, da se prenesu trgovačkim brodovima, kao što je bio poznati slučaj prošle godine na Rijeci.

Opasan razarač drveta, koji živi u našim krajevima, jest kućni kornjaš (lat. Hylotrupes bajulus), koji napada tavanske grede, stupove za vodove i uskladišteno drvo. Njegova se prisutnost poznaje po šumu kopkanja ličinke i po jajolikim rupicama. Sam kornjaš živi izvan drveta, ženka liježe pod površinu drveta jajašca, iz kojih se izlegu ličinke, koje se tek nakon više godina zakukulje, a zato vrijeme se hrane drvetom i razaraju ga.

Sve navedene drvne štetočine, bile one biljne ili životinjske, smanjuju svojim razornim djelovanjem odpornost drveta. Zbog toga drvo mora biti zaštićeno odgovarajućim mjerama, od kojih je prva, da drvo nakon sječe bude stručno uskladišteno i na skladištu zaštićeno, a zatim, da bude impregnirano odgovarajućim kemijskim sredstvima.

Drvo se danas najbolje zaštićuje impregnacijom s mješavinom soli (kromati, fluoridi, nitrofenol i t. d.). Moderna sredstva za impregnaciju moraju imati osim svojstva, da uništavaju gljivice, i svojstvo, da drvo štite protiv kukaca (insekata).

U praksi se impregnacija izvodi na ove načine: u kotlovima pod pritiskom, uronjavanjem drveta u rastvor soli te premazivanjem ili štrcanjem rastvora soli na drvo.

Postupak uz kotlovski pritisak pruža danas najbolje poznatu mogućnost zaštite drveta. Izvodi se u drvnim impregnacijama (Karlovac, Hoče kod Maribora, Slavonski Brod, Kruševac, Vitez i Ćićevac), a zahtijeva odgovarajuće postrojenje, koje je samo onda ekonomično, ako se stalno impregniranju podvrgavaju velike količine drveta. Bit postupka je u tome, da se pod pritiskom od 8—10 atm. vodeni rastvor soli utiskuje u drvo, pa se na taj način, najveći dio drveta impregnira smjesom soli.

Postupak uronjavanja je vrlo jednostavan i jeftin, i ne zadaje nikakovih tehničkih teškoća, tako da ga može izvesti svaki malo spretniji čovjek. Napredne zemlje Evrope i Amerike impregniraju po tom sistemu za kuću i oko kuće cjelokupni materijal od drveta, kao na pr.: drvene ograde, kolje za vinograde, kolce za voćke, drvene prolaze, razne stupove, grede, daske i t. d. Praktičnim promatranjem došlo se do zaključka, da tako impregnirano drvo ima znatno produžen vijek trajanja prema drvetu, koje nije bilo impregnirano.

Za impregnaciju drveta preporučuje se sol pod nazivom »Wolmant U Reform T«, proizvod tvornice kemijskih proizvoda KARBON iz Zagreba. Rastvor soli u vodi priređuje se tako, da se uzme 1 kg soli na 12 litara vode. Otapanje neka se vrši u toploj vodi, oko +40°C, jer će se sol brže otopiti. Posuda, u kojoj se sol rastvara, može biti drvena, željezna ili betonska. Ako se posjeduje ta posljednja, treba jep rethodno premazati bitumenskom emulzijom.

Posude, u kojima se vrši sama impregnacija, mogu biti stare bačve, metalne kade ili betonirane jame. Nivo vodenog rastvora soli mora biti toliko visok, da drvo bude za vrijeme trajanja procesa impregnacije stalno ispod površine rastvora. Za impregnaciju je poželjno, da je drvo što vlažnije, jer će na taj način prodiranje soli iz vodenog

rastvora biti brže i efikasnije. Prosječno se računa, da u toku 24 sata impregnaciono sredstvo ulazi u drvo oko 2 cm duboko.

Nakon obavljene impregnacije drvo treba tijesno složiti na kup, zaštititi ga prigodnim pokrovom od vremenskih nepogoda kao i prejakog djelovanja sunčevih zraka i pustiti, da stoji mjesec dana, kako bi se obavilo fiksiranje soli u drvnoj masi. Svježe impregnirano drvo najprije je žuto obojeno, dok kemijsko pretvaranje soli stvara u toku vremena zeleno obojenje, što je znak, da je fiksiranje dovršeno.

Prije nego što se počne obrađivati tako impregnirano drvo, ono se mora očistiti od eventualnih kristala soli pomoću četke ili štrcanjem vode. Sol za impregnaciju drveta je u izvjesnoj mjeri otrovna, mora se čuvati na takovom mjestu, da s njome ne mogu doći u dodir djeca, nepozvane osobe i životinje. Zabranjeno je obavljati impregnaciju osobama, koja imaju otvorene rane na rukama. Nakon rada treba dobro prati ruke, a također i alat, koji je tom prilikom bio upotrebljavan. Drvo impregnirano solima nije opasno za ljude, životinje i biljke, a nema ni nikakovog specifičnog mirisa. Ono se može nakon vremenskog fiksiranja i čišćenja premazati svakom uljenom bojom. Sol za impregnaciju ne prihvaća se metala i stakla, nije zaštitno sredstvo protiv vatre, ali drvo impregnirano solima teže gori nego neimpregnirano drvo.

Ukoliko ne postoji mogućnost da se drvo zaštiti na jedan od opisanih načina, primjenjuje se postupak premazivanja ili štrcanja. Štrcanju se daje prednost.

Premazivanje se vrši pomoću obične ličilačke četke, a štrcanje pomoću naprave, s kojom se štrca vinova loza. Računa se, da na 1 m² površine drveta treba nanijeti najmanje 30 g soli (računato na sol u suhom stanju). Ako se računa na veće opasnosti djelovanja štetočina na drvo i na nepovoljne lokalne uvjete, preporučuje se nanos i do 50 g na 1 m². Kod izračunavanja potrebne količine soli za te vrsti impregnacije, treba računati i s izvjesnim gubitkom, koji se pojavljuje u radu. Taj je gubitak malen kod velikih površina i hrapavog drveta, a povisuje se kod glatkog ili mokrog drveta, odn. kod malih površina. Taj gubitak povisuje se kod postupka premazivanjem za najmanje 10%, dok kod postupka štrcanjem, već prema dimenzijama drveta, načinu rada, iskustvu i t. d., za 25—35%.

Primjer: Želimo impregnirati drvo postupkom štrcanja.

Površina drveta	75 m²
+25% dodatak za gubitak kod štrcanja	19 m²
	94 m²

Potreba soli po 1 m² = 40 g

94 m² × 40 g = 3 760 g.

Kako se razabire iz opisanih uputstava, impregnacija drveta solima vrlo je jednostavna, ne zahtijeva naročite uređaje, investicije i specijalnu stručnost, već jedino pridržavanje ovdje opisanih osnovnih uputstava. Na zahtjev potrošača tvornica KARBON šalje pismene upute i savjete.

Svi opisani postupci impregnacije, kao i djelovanje soli u cilju zaštite drveta, ispitani su temeljito na svim kontinentima svijeta u toku 56 godina rada poznate svjetske firme Dr. Wolman iz Zapadne Njemačke, po čijim se recepturama u tvornici KARBON izrađuju ta impregnacijska sredstva.

S tim proizvodima vrlo uspješno vrše impregnaciju drveta u našoj zemlji poduzeća PTT, elektroprijenosa, željeznice i rudarstva. Taj novi proizvod naše kemijske industrije, koji je stavljen na tržište u toku prošle jeseni, bezuvjetno će doprinijeti, da će svaki investitor u građevinarstvu ili poljoprivredi vrlo brzo i lako moći izračunati korisnost i ekonomičnost impregnacije drveta na tako jednostavan, lak i suvremen način. *M.*

OTVARANJE SERVISNOG LABORATORIJA ZA PRIMJENU I ISTRAŽIVANJE BITUMENA U ZAGREBU

U ovoj godini počinje u Zagrebu raditi Servisni laboratorij za primjenu i istraživanje bitumena — Rafinerije »Boris Kidrič« — Rijeka. Taj laboratorij se formira zbog nužne potrebe u razvoju naše privrede.

Bitumen, kao jedan od produkata, koji nastaje destilacijom nafte, upotrebljava se već dugi niz godina u cestogradnji i u industriji. Međutim, kao i svi derivati nafte, i taj proizvod u toku svoje primjene podvrgavan je raznim analizama i ispitivanjima. Znanstvena ispitivanja na tom području zapravo su uzela više maha poslije drugog svjetskog rata. Malo se znalo o bitumenu prije prvog svjetskog rata. On je tretiran kao ostatak destilacije nafte; kako je njegova konstitucija veoma komplicirana, a primjena nije bila veoma proširena, nije mu se ni poklanjala naročita pažnja. Međutim, u poslijeratnim godinama bitumen zauzima vidno mjesto, kako u građevinarstvu tako i u rafinerijama. Različitim ekonomskim analizama dolazi se do zaključka, da asfaltne ceste idu u red najekonomičnijih kolovoza. Izgradnja asfaltnih cesta naglo raste. Bitumen nalazi sve veću primjenu u visokogradnji i u industriji. On se upotrebljava za razne izolacije: cijevi, kotlova, zgrada; za podove i krovove; upotrebljava se u elektro-industriji, u industriji boja, zatim za podmazivanje kod visokih temperatura i t. d. Naravno, svaka njegova primjena zahtijeva i poseban tip bitumena, a to opet povlači za sobom detalje ispitivanja svake vrste. Osim toga, kod same primjene zapažaju se utjecaji pojedinih komponenata u samom sastavu bitumena. Stoga se prilazi njegovoj sistematskoj razradi i analizi. Svi ti navedeni momenti prisiljavaju proizvođača da se što neposrednije veže za potrošača, odakle treba da crpi iskustva i zadatke za svoj budući rad. Stoga u zemljama sa većom tradicijom u proizvodnji i primjeni bitumena postoje po centrima potrošnje već uhodane tehničke službe s laboratorijem i kadrom za primjenu bitumena i ostalih derivata nafte. Mi smo također stvorili jednu takovu

instituciju u Zagrebu, kao centru potrošnje. Masovna izgradnja puteva, još masovnija stambena izgradnja i razvoj industrije zahtijevaju ne samo kvantitet nego i kvalitet proizvoda. U pravilnoj primjeni bitumena mnogi potrošači u našoj zemlji još nisu dovoljno upućeni. Stoga nije rijetka pojava, da se tvrdi industrijski bitumen, namijenjen nekoj vrsti izolacije, upotrebi za cestogradnju, a mekani cestograđevni bitumen za izolaciju zidova u građevinarstvu. Kao nužna posljedica tako pogrešne primjene dolazi do pucanja i propadanja ceste ili do probijanja vlage u našim novosagrađenim zgradama. Ima još niz primjera za štetne posljedice pogrešne primjene bitumena. Kako svaki sistem odnosno sastav smjese u cestogradnji mora imati svoju znanstvenu bazu t. j. mora biti pripremljen prema određenim principima za sastavljanje smjese odgovarajućeg sistema, bitumen namijenjen izolacijama i industriji boja ili podmazivanju mora odgovarati zahtjevima namjene svakog pojedinog slučaja. Pomenuti laboratorij u Zagrebu ima u svom programu zadatak instruktaže, t. j. zadatak da daje potrošačima prve orijentacione upute o praktičnoj primjeni bitumena za pojedine svrhe, te da na taj način ujedno i rastereti djelomično institute građevinarstva, koji uz svoja redovna obvezatna ispitivanja i suvišnim trošenjem vremena za instruktaže, često nisu imali vremena da se u dovoljnoj mjeri bave studioznim problemima. Osim toga, i zajednička kontrola bitumena doprinjet će njegovoj podesnoj primjeni, a stečena iskustva i razmjena mišljenja s institutima doprinjet će popravljanju njegova kvaliteta. Rafinerija nafte u Rijeci najveći je proizvođač bitumena u zemlji. Proizvodnja se popela od 1957. godine, kada se proizvelo 28 000 tona bitumena, na 42 000 tona u god. 1959., kako je to planom predviđeno. Osvojene su sve vrste bitumena, kako cestograđevnog tako i visokovakumskog i duvanog — industrijskog bitumena. Za svaku vrstu bitumena laboratorij u Zagrebu bit će spreman da potrošaču pruži odgovarajuću sugestiju za njegovu primjenu.

E. S.

Naučni kongresi i sastanci

PRIMJENA ALUMINIJA U GRAĐEVINARSTVU

(Povodom savjetovanja u Šibeniku)

Od 22.—26. rujna 1959. održano je u Šibeniku savjetovanje o primjeni aluminija u građevinarstvu.

S obzirom na sve veći značaj, koji danas zauzima aluminij i njegove legure u građevinarstvu, konstrukcijama i drugim namjenama, pokazala se potreba da se organizira šire savjetovanje predstavnika proizvođača i potrošača ovih materijala, arhitekata, konstruktora i drugih stručnjaka, koje taj problem interesira.

Organizator savjetovanja, »Metalbiro« poduzeće za ekonomske usluge u metalnoj struci iz Zagreba, u dogovoru sa tvornicom lakih metala »BORIS KIDRIČ« Ražine i Institutom za lake metale iz Zagreba, nakon što je osigurao potrebne referate o ovoj temi, uputio je poziv na sudjelovanje predstavnicima svih republika iz projektnih organizacija, građevnih poduzeća, građevno-zanatskih i građevno-montažnih poduzeća, tehničkim fakultetima i školama i ostalim interesentima za primjenu aluminija u građevinarstvu. Tako je savjetovanju, koje se održavalo u prostorijama Društva inženjera i tehničara, prisustvovalo 120 učesnika iz 74 privredne organizacije i ustanove.

Na savjetovanju izneseni su ovi referati:

— *»Općenito o aluminijumu u građevinarstvu i konstrukcijama«, od Ing. Tripala, rukovodioca tvorničkog instituta »TLM« Ražine.*

— *»Mehanička svojstva Al-slitina, od Ing. Jagodića iz »TLM« Ražine.*

— *»Proračuni aluminijskih konstrukcija«, od Ing. Tripala iz »TLM« Ražine.*

— *»Problematika spajanja aluminijskih materijala«, od Ing. Željka Rihtera iz Instituta za lake metale u Zagrebu i Ing. Benzona iz »TLM« Ražine.*

— *»Ekonomičnost aluminijskih konstrukcija i elemenata u građevinarstvu«, od Ing. Vladimira Šilharda, republičkog građevnog inspektora, Zagreb.*

— *»Aluminium u arhitekturi«, od Ing. arh. Kazimira Ostrogovića iz Zagreba.*

— *»Korozija na aluminijumu uslijed atmosferskih uticaja i morske vode«, od Dr. Miroslava Karšulina, profesora Kemijsko-rudarskog fakulteta u Zagrebu.*

— *»Površinska zaštita alu-konstrukcija«, od Ing. Olge Korelić, iz Instituta za lake metale u Zagrebu.*

— *»Problematika materijala za alu-konstrukcije u građevinarstvu (profili, valoviti i drugi limovi za oblaganje i prekrivanje konstrukcija, folie za izolacije i t. d.)«, od Ing. Čelara i Ing. Relje iz »TLM« Ražine.*

Referati su pokazali, da aluminijski materijali visokovrijednih svojstava danas postaju svuda u svijetu neophodno potrebni, kako u građevinarstvu i arhitekturi, tako i u brodogradnji, avijaciji i t. d. Sva stremljenja metalurgije, tehnologije i tehnike našeg doba usmjerena su na pronalaženje materijala, koji će imati što manju specifičnu težinu, a što bolja mehanička svojstva.

Ovo savjetovanje imalo je za cilj da utre put primjeni aluminija i u našoj zemlji, kao što je to slučaj danas već u svim ostalim naprednim zemljama u svijetu. Bogatstvo aluminijskih rudača

naše zemlje i razvoj naše industrije za preradu aluminija omogućavaju nam da ovaj vrijedni materijal iskoristimo do najvećih mogućih granica.

Svi referati bit će naknadno podijeljeni učesnicima savjetovanja u posebnom uvezu, te će predstavljati znatan doprinos našoj oskudnoj stručnoj literaturi iz oblasti primjene aluminija u građevinarstvu.

U okviru savjetovanja Tvornica lakih metala Ražine organizirala je posebnu izložbu svojih proizvoda, koji nalaze primjenu u građevnim konstrukcijama, te pregled pogona za izradu aluminijskih prozora i vrata sa pregledom pogona elektrolize, valjaonice i odlično opremljenog tvorničkog laboratorija.

Milan Jančiković, Zagreb

Iz inozemnih časopisa

OPREMA GRADILIŠTA ZA BRANU GLEN STOJI 10 MILIONA DOLARA

(Civil Engineering, New York, juni 1959.)

Na rijeci Colorado gradi se još jedna velika brana u kanjonu Glen. Brana Glen će biti betonska gravitaciono-lučna, visine 210 m. Pribranska elektrana bit će snage 900 000 kW. Uspor će sizati 300 km uzvodno, a bit će postignuta akumulacija od 10 milijardi m³ vode. Tom izgradnjom omogućit će se iskorištavanje velikih prirodnih bogatstava (nafte, ruda i drveta) jednog zasada gotovo pustog kraja sa površinom od 25 000 km².

Radovi na brani i elektrani ustupljeni su 29. IV. 1957. najjeftinijem ponuđaču, poduzeću Merritt-Chapman & Scott, za svotu od 108 miliona dolaza. Građenje dvaju obilaznih tunela promjera 12 m povjereno je već ranije drugom poduzeću. Isto tako je i građenje mosta raspona 315 m izvršilo drugo poduzeće (vidi Građevinar br. 5/1959).

Da bi povjereni mu posao moglo dovršiti u predviđenom roku od 2 500 dana, poduzeće Merritt pristupilo je hitno opsežnim pripremnim radovima i nabavci mehanizacije, čija se vrijednost cijeni na 10 miliona dolara. Do septembra 1957. g. (četiri mjeseca poslije održane licitacije) bili su izvršeni ovi radovi: na gradilištu su izgrađene kancelarije sa klima uređajima, mehaničke radionice, skladišta i prva etapa elektrane, na bokovima kanjona izgrađena su dva dizala (žičare) za kretanje osoblja između gornjeg platoa i obale rijeke, podignut je provizorni lančani most za prelaz preko kanjona, dovršeni su pokusni uređaji za dobivanje agregata i za betoniranje. Do danas je u blizini gradilišta izrastao čitav grad za smještaj 5 000 stanovnika: poduzeće je dovuklo 800 pokretnih kola za stanovanje, izgrađene su nastambe za neženje i za vodeće osoblje, trgovine, pošta, plinara, banka i bolnica sa 25 kreveta.



Sl. 1: Pogled na gradilište (nizvodno)

Ključni dio posla poduzeća Merritt predstavlja ugradnja blizu 4 miliona m³ betona. Od toga otpada na branu 3,6 miliona m³, na strojarnicu 0,2 miliona m³, a ostatak na druge objekte (preliv, pristupni rov strojarnici, kablovski rov i t. d.).

Prema operativnom planu treba glavne betonske radove izvršiti za 38 mjeseci. Kad radovi budu u punom toku, trebat će ugrađivati prosječno 7 500 m³ betona na dan.

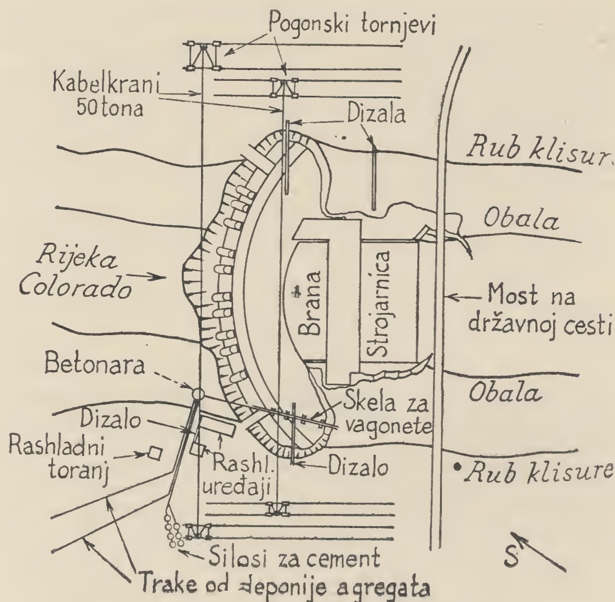
Zadatak je otežan time, što je za obložni beton brane, strojarnice i tunela (450 000 m³) propisano, da specifična težina agregata promjera 4 do 38 mm mora iznositi najmanje 2,5, a jedino nalazište agregata, koje dolazi u obzir (na potoku Wahweap, u udaljenosti 8 km od gradilišta), sadrži velik postotak lakšeg materijala.

Poduzeće je podiglo pokusnu separaciju na principu, da u tekućini specifične težine 2,5 teži agregati padaju na dno, dok lakši plivaju na površini i odstranjuju se. Tekućina specifične težine 2,5 dobiva se miješanjem fino mljevenog ferosilicija i magnetita sa vodom. Pokazalo se potrebnim da se izgradi još jedna zasebna separacija za frakcije između 4 i 8 mm, a u izgrađenoj pokusnoj separaciji da se vrši samo odvajanje frakcija između 8 i 38 mm.

Za kopanje agregata iz potoka predviđena su 2 bagera s poteznom kašikom (dreglajn) sadržine 5 m³. Otprema agregata do uređaja za pranje i prosijavanje vršit će se trakom 90 cm širokom. Oprani i prosijani agregati padat će u bunkere sadržine 3 000 do 4 000 t, iz kojih će se jedan 30-tonski kamion damper moći napuniti za 10 sekundi. Damperima će se materijal prevoziti do deponije u blizini betonare. Tamo će agregati pomoću pokretne trake montirane na skeli biti privremeno uskladišteni u čunjeve visoke do 24 m. Misli se, da će 12 dampera moći prevesti potrebne količine.

Težak je bio problem osiguranja dovoljnih količina vode za pranje agregata i izradu betona. Voda iz rijeke Colorado nije uporabiva zbog velike sadržine čvrstih sastojina. Voda potoka Wahweap ima u sebi mnogo rastopljenih soli, a i nema je dovoljno. Odlučeno je da će se voda crpsti iz 4 bunara izbušena u blizini potoka. Kapacitet tih bunara iznosi 23 m³/min, a u slučaju potrebe dodavat će se manje količine vode iz potoka. Zbog osiguranja neophodne rezerve vode iskopan je u zemlji otvoren bazen tlocrne površine 75×45 m, dubine 4,5 m, sa oblogom iz plastične mase.

Dosada je poduzeće izradilo oko 80 000 m³ betona u provizornoj manjoj betonari. U građenju je velika, stalna betonara, koja će stajati oko 1 milion dolara. Ona je smještena na jednom zasjeku u zapadnom boku kanjona, oko 70 m ispod kote visoravni, tako da će se transport agregata i cementa do betonare vršiti u padu usprkos tome, što je betonara visoka 66 m. U betonari će u gornjem dijelu biti smještena sita i 8 tenkova za prosijane agregate, sadržine 3 000 tona Ispod tenkova je smješteno u krugu 6 miješalica kapaciteta 360 m³ betona na sat. Miješalice su iznutra



Sl. 2: Smještaj glavnih uređaja

obložene čeličnim pločama, da bi mogle preuzeti udarce agregata, koji će padati iz tenkova (agregati će biti do 15 cm promjera). Miješalice će se prazniti u dozatore (tri). Dva će imati sadržinu 20 m³, a jedan 10 m³ betona. Sav posao će biti automatiziran. Betonarom će rukovati 1 čovjek.

Na visoravni nedaleko betonare podignuto je 7 čeličnih silosa po 1 200 m³. U 4 silosa bit će pohranjen portland cement, a u 3 silosa pucolan. Iz silosa će se cement dopremati do betonara pneumatski. Dnevna potrošnja portland cementa će iznositi do 800 tona.

Da bi se usprkos ljetnim vrućinama (koje se penju do 43°C) postigla propisana temperatura betona kod ugradnje u branu (između 5 i 10°C), poduzeće Merritt podiže uređaj za hlađenje rekordne veličine. Računa se da će u njemu u god. 1960. biti proizveden ekvivalent od 50 000 tona leda.

Hlađenje agregata će početi na transportnoj traci od deponije do betonare. Na tom putu, koji će trajati 1 min. na njih će se štrcnuti ledena voda. U tenkovima za agregate vršit će se hlađenje uzduhom, a u miješalice će se dodavati ledena voda i komadići leda. Konačno će i već ugrađeni beton biti hlađen ledenom vodom. U tu svrhu će u branu biti ugrađene cijevi za hlađenje promjera 25 mm u ukupnoj dužini 1 000 km.

Beton će se iz dozatora ispuštati u vagonete za nakretanje, sadržine 8 m³. Vagoneti će se kretati po skeli iz čelične rešetkaste konstrukcije na koti 53 m ispod krune brane. Nakretanjem vagoneta istrest će se cijela sadržina vagoneta u vedro kabelkrana.

Sva tri kabelkrana imaju pokretne tornjeve. Dva veća služit će uglavnom za betoniranje brane, a treći, manji, za betoniranje strojarnice. Veći imaju nosivost 50 tona, vedro sadržine 8 m³ i brzinu dizanja vedra 200 m/min (sve su to svjetski rekordi kod građenja brana). Oni su smješteni na raznim kotama, tako da jedan kran može prolaziti ispod drugog i oba raditi istovremeno. Više smješteni kabelski kran ima raspon 620 m, a drugi 550 m. Nosivi kabel je promjera 10 cm (i to je rekord). Visina tornjeva iznosi 58 m. Svaki toranj ima 32 kotača (četvera kolica sa po 8 kotača). Maksimalna brzina kretanja tornjeva iznosi 36 m/min. Brzina kretanja ovjesnog uređaja po kabelu iznosi oko 400 m/min, što će u kombinaciji s rekordnom brzinom dizanja omogućiti da se svake minute sa dva krana ugradi više od 5·5 m³ betona.

Potreba električne energije za strojeve na gradilištu i za nastambe su velike. S obzirom na to, da je najbliža električna centrala udaljena 215 km, i da bi dalekovod vodio kroz pust kraj, koji je izložen snažnim olujama, poduzeće je odlučilo da izgradi vlastitu privremenu elektranu, kapaciteta 16,5 MW. U elektrani će biti 14 dizel agregata približne snage 2 000 KS. Gotovo polovina ukupnog kapaciteta bit će potrebna za betonaru i uređaje za hlađenje.

Zasada se radovi odvijaju prema planu i očekuje se da će se betoniranju moći pristupiti u novembru 1959., kako je bilo predviđeno.

B. P.

POČETAK RADOVA NA GIGANTSKOM MOSTU U NEW YORKU

(Engineering News-Record, New York, avgust 1959.)

Sredinom avgusta 1959. održana je svečanost povodom početka radova na podizanju mosta preko tjesnaca Narrows (koji čini ulaz u njujoršku luku). Most će omogućiti kopnenu vezu otoka Staten Island sa ostalim dijelovima New Yorka, a time i živu izgradnju tog otoka.

Ustvari počeli su samo pokusni iskopi za temeljenje, a glavni radovi još nisu ustupljeni na izvođenje.

Oko građenja ovog mosta vođene su rasprave gotovo 70 godina. Most će stajati 320 miliona dolara, a građenje će trajati 6 godina (duže nego poznatog projekta Sv. Lorinsa!).

Most će, kad bude izgrađen, biti najduži viseći most na svijetu. Raspon srednjeg otvora iznosit će 1 300 m, za 18 m više od raspona mosta preko Golden Gate u San Francisku. Ukupna dužina mosta, od jednog zakotvenja do drugog, iznosit će 2 040 m, u sredini mosta čista visina nad morem bit će 84 m. Tornjevi, koji će nositi kabele, bit će od temelja do vrha preko 300 m visoki (visina nad razinom mora iznosist će 210 m, a dubina fundiranja na najdubljem mjestu 90 m). Most će imati 12 saobraćajnih traka. Četiri glavna kabela za nošenje bit će promjera 91 cm, a svaki kabel će se sastojati od 26 108 žica.

B. P.

VODOVI ZA KONDICIONIRANJE UGRAĐENI U STUPOVE

(Engineering News-Record, New York, avgust 1959.)

U SAD se istovremeno na 2 nove uredske zgrade dovodi za svjež zrak smještavaju u konstruktivne stupove. Jedna zgrada je u gradu Buffalo, a druga u Clevelandu.

Stupovi su u oba slučaja od armiranog betona. Uređaji za kondicioniranje smješteni su na krovu i zrak se potiskuje prema dolje. Dovodi za zrak su većeg presjeka u gornjim katovima nego u donjim.

U Buffalu su stupovi presjeka U. U stupove su ugrađeni čelični Z profili, na koje se naknadno navari čelični lim i tako šupljina zatvori.

U Clevelandu su stupovi kvadratnog presjeka, a otvori za zrak, koji su kružnog presjeka, izvedeni su već kod betoniranja. *B. P.*

TUNEL ISPOD KANALA LA MANCHE

(Le Génie Civil, Pariz, juli 1959.)

U Udruženju civilnih inženjera u Parizu održan je u aprilu ove godine sastanak posvećen problemima izgradnje tunela ispod kanala La Manche, na kome su kompetentni stručnjaci (među kojima i A. Basdevant, tajnik francuskog komiteta za tunel La Manche) iznijeli sadašnje stanje studija, neke nove koncepcije i ekonomsku računicu za izvođenje tog velikog objekta. U časopisu *Le G. C.* dan je iscrpan prikaz održanih predavanja.

Prve diskusije o građenju tunela La Manche vođene su u Društvu još 1857. god. Od tada to pitanje ne prestaje biti aktuelno. U ranijim godinama se mislilo na tunel koji bi služio samo željezničkom saobraćaju. Međutim razvoj tehnike izmijenio je neke osnovne postavke, i danas se smatra da bi kroz tunel trebala prolaziti željeznica, cesta, kabeli za prenos električne energije i naftovod.

Prema mišljenju predavača najbolja je trasa tunela ona, koju je još sredinom prošlog stoljeća predložio Thomé de Gamond, a koja vodi u pravcu Folkestone—Cap Gris Nez. Po prilici u sredini te trase nalazi se plićina Varne. To omogućuje da se izrade 3 silazna bunara za pristup tunelu kod građenja i 3 stanice za ventiliranje. Međutim, treba još izvršiti izbor između ova tri rješenja:

— tradicionalni podzemni tunel (zasada samo za takav tunel postoje detaljne studije);

— potopljeni tunel, za koji su izvršene studije još 1925. g.;

— polupotopljeni (polupodzemni) tunel, za koji se sada vrše studije.

Tunel bi imao promjer 16 m. U gornjem dijelu bi bila smještena cesta, a u donjem dva željeznička kolosjeka. Za pristup cestovnih vozila u tunel predviđaju se helikoidalne rampe u obalnim bunarima.

Dok, s jedne strane, najveće poteškoće za izvedbu tunela proizlaze iz zahtjeva, da tunelom prolazi i željeznica, s druge strane ta okolnost omogućava srazmjerno jeftino rješenje najtežeg pitanja za cestovni tunel, pitanja ventiliranja, za koje se ranije vjerovalo, da je gotovo nerješivo. Svjež zrak dovodio bi se kroz galeriju određenu za željeznicu, koja ima presjek 60 m², a odvodio kroz prostor iznad ceste presjeka 44 m². U vezi s povoljno odabranom trasom, koja omogućuje izgradnju jedne ventilacione stanice u sredini trase, ti veliki presjeci dopuštaju da se snaga potrebna za ventilacione uređaje smanji na 7 000 do 8 000 kW.

Ekonomska opravdanost građenja tunela vidi se iz ovih podataka:

Promet između dvije obale iznosi sada 4,6 miliona putnika (od čega 3,3 miliona brodovima) i 17 miliona tona tereta. Cijeni se, da bi promet kroz tunel iznosio 3,7 miliona putnika (od čega veći dio, 3 miliona, cestom) i 6 miliona tona robe (od čega veći dio, 3,5 miliona tona, željeznicom).

Troškovi građenja se cijene na 310 milijardi franaka, a zajedno s interkalarnim kamatima (građenje bi trajalo oko 8 godina) 372 milijarde franaka.

Godišnji troškovi cijene se na 23 milijarde franaka (od čega 20 milijardi za anuitete i 2,5 milijarde za troškove eksploatacije), a godišnji prihodi na 25 milijardi franaka (od čega 18 milijardi za prijevoz robe).

B. P.

Bibliografija

RASČET PROSTRANSTVENIH KONSTRUKCIJ. IV. Zbornik rasprava pod redakcijom doktora tehničkih nauka, profesora A. A. Umanskog. Moskva, **1958.** Državna naklada literature iz područja građevinarstva, arhitekture i graeđvinskih materijala (554 str. vel. 8⁰, cijena uvez. u platno 26,— r.)

Ovaj četvrti zbornik rasprava o izračunavanju prostornih konstrukcija*, namijenjen inženjerima-projektantima, naučnim radnicima i aspirantima, sadrži dvadesetjednu raspravu. Kako su te rasprave uglavnom jednako značajne s teorijskog kao i s praktičnog gledišta, prikazat će se ovdje ukratko njihov sadržaj.

1. Broude, B. M.: *O stabilnosti lako zakrivljenih i ekscentrično opterećenih greda I profila.* (31 str.)

Autor daje približan postupak za rješavanje složenog problema, koji dosada nije ni tačno, ni dovoljno općenito riješen, a za praksu je značajan. Okolnost, da grede u konstrukcijama uvijek imaju neki stepen početne zakrivljenosti, a teret napada s nekim ekscentricitetom, utječe na veličinu kritičnog opterećenja i na sam mehanizam gubljenja stabilnosti. Uspoređenje rezultata, dobivenih eksperimentalnim putem i predloženim približnim načinom izračunavanja, pokazuje dovoljno podudaranje za manje ekscentricitete (reda 0 001 l—0,003 l). Kod većih ekscentriciteta, koji stvarno ne bi u praksi trebali da se pojavljuju, teorija daje premalene vrijednosti napona. U dodatku raspravi nalazi se niz tablica za praktičnu primjenu postupka.

2. Čuvikin, G. M.: *Eksperimentalno istraživanje stabilnosti ravne deformacije greda sa dva pojasa izvan područja elastičnosti.* (19 str.).

Kako je tačno rješenje problema stabilnosti dvopojasnih greda pri savijanju u ravnini dosada dano samo za elastično područje (Timošenko 1905/6, Vlasov 1940), pisac je proveo eksperimentalna istraživanja te stabilnosti izvan elastičnog područja. Uspoređujući tim putem dobivene vrijednosti kritičnih momenata s onima, koje daje teorijski račun uz pretpostavku konstantnih modula elastičnosti i klizanja, autor izvodi zaključke za različite slučajeve opterećenja grede. Rezultati su za praksu značajni, jer kritički napon u gredi u većini slučajeva premašuje granicu proporcionalnosti.

3. Kogan, I. J.: *Stabilnost okretnih stupova toranjskih kranova.* (15 str.)

U prvom dijelu rasprave izvedeni su računski obrasci za slučaj apsolutno krutog ukliještenja kranskog stupa i nepokretnosti tačke pričvršćenja vlačnog užeta, a u drugom dijelu za slučaj popustljivosti ukliještenja stupa i pričvršćenja vlačnog užeta. Teorijski rezultati uspoređeni su s rezultatima niza pokusa na modelima.

4. Borodjanskij, M. J.: *Stabilnost okvirnih kupola.* (28 str.)

Postavljeni problem je izračunavanje prostornih ciklično-simetričnih sistema, sastavljenih od međusobno u čvorovima čvrsto spojenih štapova, raspoređenih u ravninama meridijana i paralela. Svodeći opću matricu jednadžbi za rješavanje problema na kvazidijagonalni oblik, autor dolazi do općeg obrasca za provjeravanje stabilnosti mnogospratnih mnogoetažnih skeleta. Iz njeg se mogu dobiti kao specijalni slučajevi obrasci za izračunavanje stabilnosti piramidalnih i prizmatičnih mnogospratnih okvirnih skeleta.

* Prvi zbornik objavljen je god. 1950, drugi god. 1951, treći god. 1955.

5. D z e r ž k o v i ć, B. A.: *Učinak ispunjavanja zidova skeletne mnogospratne zgrade pri opterećenju vjetrom.* (20 str.)

U raspravi se kritički prikazuje proračunavanje mnogospratnih skeletnih prostornih sistema sa usredotočenim vezama, kod kojih pritisak vjetra na zgradu preuzimaju samo određeni dijelovi skeleta, s otpornošću određenom računom. Ti su sistemi ekonomniji od sistema s raspodijeljenim vezama, kod kojih pun pritisak vjetra preuzima cio prostorni skelet. Potrebna krutost njihovih zidova ispune mora se odrediti računom, da bi se na najmanju mjeru sveo utrošak materijala za ukrućenje zgrade. Računski obrasci su izvedeni za mnogospratnu blokovsku zgradu sa kvadratnim tlocrtom. Na konkretnom primjeru uspoređen je proračun konstrukcije sa sudjelovanjem i bez sudjelovanja zidova ispune. Pri tome je uzet u obzir i slučaj, da se na vrhu skeleta nalazi neizmjerno krut prostorni roštilj.

6. M a r j i n V. A.: *K proračunavanju opće otpornosti tijela potpuno metalnog vagona.* (24 str.)

Konstrukciju čeličnog tijela vagona sa hrptenom gredom sačinjavaju dvije otvorene ljuske, međusobno povezane zidovima između prozora. Za približno izračunavanje konstrukcija se promatra kao greda. Međutim, pri izračunavanju takvog sistema za izvijanje ne smije se primijeniti hipoteza ravnih presjeka kao pri proračunavanju monolitnih greda. Integriranjem diferencijalne jednadžbe drugog reda autor dobiva obrazac za uzdužnu silu u gornjem pojasu i silu smicanja u presjeku kroz zidove između prozora. Time je načelno riješeno pitanje izračunavanja naprezanja pri izvijanju vagonskog tijela u ravni simetrije. Pri razvijanju rješenja primijenjen je postupak početnih parametara. Na brojčanim primjerima pokazano je izračunavanje zavarene konstrukcije vagona za izvijanje od poprečnih sila i za opterećenje uzdužnom silom duž hrptene grede.

7. Š a i k e v i č, V. D.: *Matrična metoda izračunavanja regularnih štapnih sistema.* (36 str.)

U ovom obimnom i značajnom radu autor produbljuje, na osnovu teorije matrica, postupak beskrajnog osnovnog sistema, koji je prof. Umanski prvi puta iznio god. 1939. Nepostojanje matematičke karakteristike pojma o regularnosti sistema konstrukcija od štapova ograničavalo je primjenu tog postupka na razmjerno malen broj tipova konstrukcija (na pravilne sisteme nosača na krutim i na elastičnim potporama, na ploštinske sisteme estakadnog tipa i na neke oblike bikonstrukcija). Iskorišćujući postupke teorije matrica, autor je ustanovio matematičku karakteristiku regularnosti, uveo pojam matričnih regularnih sistema, proširio je klasu regularnih sistema sastavljenih od štapova, koji pri izračunavanju dopuštaju primjenu beskonačnog osnovnog sistema i predložio je nov postupak izračunavanja takvih hiperstatičkih sistema, koji udovoljavaju uslovu matrične regularnosti. Predloženi postupak, izložen općenito u primjeni na izračunavanje mnogospratnih skeletnih sistema s upotrebom osnovnog sistema metode deformacija, posve analogno se može proširiti i na izračunavanje drugih štapnih sistema uz upotrebu osnovnog sistema metode sila, metode deformacija ili kombinirane metode, uz uslov da sistem ispunjava uslove matrične regularnosti. Ukoliko sistem samo donekle odgovara tim uslovima, postupak može poslužiti za približno izračunavanje. On će vjerojatno moći biti iskorišten i za približno izračunavanje ploča s različitim konturnim uslovima. Postupak nije vezan za uslov monotonosti opterećenja.

8. F u r s o v, M. K.: *O proračunavanju kružnih prstenova.* (19 str.)

Tok razmatranja i postupak za rješavanje problema preuzet je iz jednog rada J. P. Grigorjeva, objavljenog u II svesku ovog zbornika god. 1951. Autor ovog novog rada proširio je zadatak i daje rješenje za slučaj kako god opterećenih kružnih prstenova s malenom zakrivljenosti i masivnim ili cijevnim profilom, uz jedinu pretpostavku, da je prsten opterećen koncentriranim silasama i momentima. (Raspodijeljeni tereti se rastavljaju u male pojedinačne terete.)

9. K u t u k o v B. N.: *Neke zadaće statičkog i dinamičkog proračunavanja regularnih sistema.* (36 str.)

Pisac ovog interesantnog rada prvo razmatra opće postavke, uz koje se dinamička zadaća određivanja frekvencija i glavnih oblika titranja može zamijeniti statičkom zadaćom iznalaženja grupa sila proporcionalnih pomacima. Zatim pisac tretira konkretne primjere: titranje niti, osovine i grede, koja nosi mase raspoređene u jednakim razmacima. Razmotreni su i slučajevi narušavanja te pravilnosti. Na kraju pisac izlaže postupak statičkog i dinamičkog izračunavanja ukrštenih konstrukcija nosača. Na brojčanom primjeru je pokazano, da je izloženi postupak za statičko izračunavanje jednostavniji od postupka danog u poznatom djelu Bleich-Melan-a o primjeni diferencijskih jednadžbi u građevinskoj statici, koje je citirano u ruskom prijevodu.

10. R a p p a p o r t, R. M.: *Statika štapova sastavljenih od vitkih grana povezanih vezicama.* (43 str.)

Autor je našao, da postupci izračunavanja mnogostruko hiperstatičkih sistema, a naročito teorija izračunavanja okvira normalnog tipa, koja se posljednjih godina razvila u SSSR-u u vezi sa građenjem mnogospratnih zgrada, mogu biti iskorišteni u teoriji raščlanjenih štapova. Tako se s jedne strane mogu dobiti nova rješenja, a sa druge strane ocijeniti rezultati novih približnih rješenja. Prema tome autor promatra taj štap kao okvirni sistem monotonog tipa i istražuje prostornu deformaciju raščlanjenog štapa. On obraća pažnju i na neka opća pitanja, koja se pojavljuju pri postavljanju proračunskih modela mnogostruko hiperstatičkih sistema, a naročito na pitanje postojanja homogenog elastičnog sloja, ekvivalentnog danom sistemu diskretnih veza. Uvođenjem takvog sloja stvarno se u pojedinim slučajevima dolazi do prevelikih pogrešaka u računu, a eventualno i do krivih zaključaka. Dobiveni rezultati pokazuju, da takva zamjena praktično ni ne smanjuje računski rad. Pri razmatranju prostorne zadaće takav račun može dovesti do još većih grešaka. Za izračunavnaje pomaka pojedinačnih štapova postavljen je sistem diferencijalnih jednadžbi osmog reda. Traženi pomaci mogu se analitički izraziti pomoću funkcija, koje predstavljaju

i fundamentalni sistem rješenja nekih zadaća iz teorije ljusaka. Te su funkcije tabulirane. Dobiveni rezultati primijenjeni su na raščlanjene štapove s različitim vrstima vezica.

11. K a l m a n o k, A. S.: *O izračunavanju stropova bez greda.* (10 str.)

Rasprava se odnosi na izračunavanje gljivastih stropova sa kvadratnim glavama stupova, kako god oslonjenih na ivicama. Predloženi način izračunavanja za elastični stadij razrađen je na osnovu autorova općeg postupka, postavljenog god. 1950 za elastične pravougaone ploče. Osnovna je hipoteza, da su na cijeloj površini kapitela veličine momenata savijanja konstantne u svakom smjeru. Promatra se srednja ploča beskonačnog stropa, opterećenog podjednako raspodijeljenim teretom, i to za četiri slučaja omjera stranica kapitela prema rasponu ploče. Rezultati izvedeni iz opće diferencijalne jednadžbe ploče uspoređeni su s rezultatima izračunavanja po instrukcijama CNIPS-a iz god. 1935.

12. N o v i c k i j, V. V.: *Približne metode izračunavanja otpornosti zatvorenih cilindričnih ljusaka s konstantnom konturom poprečnog presjeka.* (40 str.)

Autor proučava niz pitanja približne teorije zatvorenih cilindričnih ljusaka, ojačanih u poprečnom smjeru. Ponajprije razvija u općenitijem obliku teoriju zatvorenih cilindričnih ljusaka, koju je obradio prof. Umanski u nekoliko svojih radova iz god. 1939 i 1940, a dalje ju je razrađivao u god. 1946—1950 niz autora u SSSR-u. Zaključci iz jednadžbi pritisnutog ukrućenja osnivaju se na približnom rješenju parcijalnih diferencijalnih jednadžbi metodom Bubnova-Galerkina. Autor predlaže i tačniju teoriju pritisnutog ukrućenja zatvorenih cilindričnih ljusaka. Za razliku od prijašnjih teorija, normalni i tangencijalni naponi se uzimaju kao ravnopravni. Raspravljeno je i pitanje ocjene različitih varijanti teorije.

13. N o v i c k i j, V. V.: *Izračunavanje prikraćenih koničnih ljusaka.* (28 str.)

Izlaže se približan način izračunavanja prikraćenih koničnih ljusaka s malenim nagibom stranica, koje su ojačane sistemom krutih dijafragmi. Poznata teorija prof. Umanskog za izračunavanje pritisnutog ukrućenja cilindričkih ljusaka pokazuje se kao specijalni slučaj ovdje predložene teorije, isto tako i autorova teorija prikraćenih koničnih ljusaka iz god. 1954. Autor daje energetsko rješenje zadatka određivanja naponskog stanja takvih ljusaka za kakvo god vanjsko opterećenje. Naročito je obrađeno izračunavanje koničnog sanduka — ljuske pravougaonog poprečnog presjeka s uzdužnim pojačanjima u uglovima. Za takvu ljusku dan je i brojčani primjer.

14. H l e b n o j, J. F.: *K pitanju integriranja jednadžbi aksijalno simetrično opterećenih rotacionih ljusaka.* (31 str.)

Izračunavanje aksijalno simetrično opterećenih rotacionih ljusaka obrađivano je u velikom broju rasprava od god. 1914 do danas, a naročito u posljednjih nekoliko godina u SS-u. (Na kraju ovog rada dan je popis literature sa 25 radova.) Problem je rješavan na različite načine, pri čemu je osobito važna uloga rubnog zadatka. Autor izlaže rješavanje tog zadatka najjednostavnijim postupkom, pristupačnim inženjeru, koji ne poznaje teoriju specijalnih funkcija. Pri tome se ograničava na razmatranje ljusaka, kod kojih se rubni zadatak svodi na rješavanje Bessel-ovih diferencijalnih jednadžbi. To su kružno-cilindrične ljuske linearno promjenljive debljine, konične i spljoštene sferne ljuske konstantne debljine i — kao specijalni slučaj — okrugla ili neograničena ploča konstantne debljine na elastičnoj podlozi. (Obrasci za ovu posljednju nisu u radu izvedeni.) Besselove jednadžbe autor rješava isključivo jednostavnim i preglednim postupkom asimptotičkog integriranja (t. zv. Stokes-ovim postupkom asimptotičkog rastavljanja Besselovih funkcija). On ukazuje na granice primjene dobivenih rješenja. Na kraju autor daje brojčani primjer (izračunavanje krova podzemnog rezervoara).

15. D i k o v i č, V. V.: *Izračunavanje spljoštene, u osnovi pravougaone ljuske.* (58 str.)

Problem, koji se tretira u ovom radu, stvarno je već riješen u poznatom djelu prof. Vlasova o teoriji ljusaka, a isto tako i u disertaciji A. A. Nazarova (1949), no ta su rješenja dana u takvom obliku, da se ne mogu direktno iskoristiti u inženjerskoj praksi. Autor si je stoga postavio zadatak: dati rješenje, koje bi ne samo mogućilo brojčana izračunavanja, nego i izvođenje zaključaka o karakteru naponskog stanja ljuske pri različitim opterećenjima. Zbog toga je autor donekle suzio okvir istraživanja, pretpostavljajući jednostavan zakon za zakrivljenost ljuske. Naponsko stanje ljuske može se rastaviti u dva stanja: osnovno bezmomentno i drugostepeno momentno, koje nastaje od pričvršćenja ljuske na osloncima i mora imati karakter rubnog efekta. Bitni dio istraživanja naponskog stanja ljuske je zadaća određivanja širine trake uz rubove, u kojima je presudan utjecaj rubnog efekta i gdje se naponsko stanje ne smije uzeti kao bezmomentno. Rezultati izračunavanja ljuske kvadratne u osnovi, opterećene jednolično raspodijeljenim teretom, omogućili su konstrukciju dijagrama progiba, momenata savijanja i uzdužnih sila za presjeke ljuske u osima simetrije i dijagrama sila, koje djeluju uzduž rubova ljuske.

16. K a l m a n o k, A. S.: *Proračunavanje pravougaonih ispupčenih ploča kao spljoštenih ljusaka dvojake zakrivljenosti.* (36 str.)

Autor razvija u ovom značajnom radu teoriju ispupčenih ploča, oslonjenih na pravougaonoj konturi, sličnih napuhnutom jedru (otuda ruski naziv »vsparušenaja plita«). Te su se ploče pojavile posljednjih godina pri projektiranju velikih panoa u krovnim i međuspratnim konstrukcijama. Ispupčenjem ploče postizava se bitno sniženje veličina momenata savijanja u ploči i time povećanje ekonomnosti konstrukcije. Teoriju izračunavanja takve ploče, koja se može shvatiti kao vrlo spljoštena ljuska dvojake zakrivljenosti, postavio je V. S. Vlasov god. 1949. Autor je pokazao u jednom svom radu god. 1954, da se zadaća izračunavanja takve ljuske može svesti na jednostavniju zadaću složenog savijanja ploče. Prema tome se za rješenje zadaće može primijeniti sav bogati aparat teorije ploča, a naročito metode što ih je autor razvio u jednoj monografiji god. 1950. Za iznalaženje parcijal-

nih integrala homogene diferencijalne jednadžbe autor iskorišćuje postupak odvajanja promjenljivih. Davši za osnovni zadatak, izračunavanje ispupčene ploče, slobodno poduprte na cijeloj konturi radijalnim osloncima, rješenje s jednostavnim trigonometrijskim redovima, autor prelazi na izračunavanje ploča »neodređenih« u jednom ili u dva smjera, t. j. sa kako god zadanim graničnim uslovima na jednom ili na oba para suprotnih stranica konture. U prvom slučaju dobiva se sistem kanonskih jednadžbi s konačnim, a u drugom slučaju s beskonačnim brojem nepoznatih. Taj drugi sistem rješava se približno, postupkom redukcije. Na kraju je u brojčanom primjeru prikazano izračunavanje kvadratne ispupčene ploče za različite uslove pričvršćenja na konturi.

17. V o l j m i r, A. S.: *Pregled istraživanja u teoriji gipkih ploča i ljusaka za period od 1941 do 1957 god.* (25 str.)

Ovaj rad sadrži ponajprije pregled obimnih istraživanja iz teorije gipkih ploča i ljusaka u posljednjih 15 godina (t. j. ploča i ljusaka, koje u području elastičnih deformacija dobivaju progibe reda veličine kao što je njihova debljina). Autor razmatra približne metode integriranja osnovnih jednadžbi, velike progibe pri transversalnom opterećenju različitih ploča i spljoštenih ljusaka, stabilnost i deformacije nakon gubitka stabilnosti. Posebno je prikazan historijat istraživanja god. 1956.—1957. Drugi dio rada sadrži obiman popis literature (svega 174 djela odn. rasprave, od toga velika većina na ruskom jeziku).

18. T u r k i n, K. D.: *Stabilnost ojačane kružne cilindrične ljuske pri pritisku i čistom savijanju.* (13 str.)

Pisac istražuje stabilnost ojačane kružne cilindričke ljuske pod djelovanjem ravnomjerno raspodijeljenog opterećenja duž proizvodnica, koje napada na čelima. Prvo razmatra utjecaj deformacija smicanja u općem deformacionom stanju ljusaka pri gubitku stabilnosti od centričnog pritiska. Za izvod diferencijalne jednadžbe ravnoteže iskorišćuje ekstremalna svojstva potencijalne energije sistema. Neodređena veličina može se iz te jednadžbe odrediti samo na različite približne načine. Pisac određuje korjene jednadžbe postupkom A. N. Krilova, što mu daje mogućnost da izraz za intenzitet kritičnog opterećenja prikaže u jednostavnom obliku. Zatim pisac promatra problem gubitka stabilnosti ojačane kružne cilindrične ljuske pri čistom savijanju. Kritično opterećenje i oblik ispupčenja ljusaka provjereni su eksperimentalno.

19. L e n j k o, O. N.: *Stabilnost ortotropnih cilindričkih ljusaka.* (25 str.)

U ovom radu, koji predstavlja nastavak istraživanja A. S. Voljmira iz god. 1950, pretpostavlja se, da je gusto raspoređenim uzdužnim i poprečnim rebrima postignuta ortotropija ljuske. Progibi pri gubitku stabilnosti uzimaju se da su veličine istog reda kao i debljina ljuske. To dovodi do nelinearnog zakona i, prirodno, do komplikacije pri rješavanju. Polazeći od teorijskih rezultata mogu se prema stanovitim geometrijskim parametrima panoa i svojstvima elastičnosti materijala odrediti kritični naponi pri pritisku i moć nošenja panoa. Rezultati, dobiveni uz neka pojednostavnjenja u prva četiri paragrafa, osnovani na pretpostavkama o karakteru obrazovanja valova, morat će se provjeriti eksperimentima. U posljednjem paragrafu dano je nešto tačnije rješenje.

20. I m m e r m a n, A. G.: *O kontroli stabilnosti kružne cilindričke ljuske pri istovremenom djelovanju uzdužnih i poprečnih tereta* (6 str.)

Kako su pri istovremenom djelovanju uzdužnog i poprečnog opterećenja razilaženje između rezultata dobivenih teorijskim i eksperimentalnim putem pojavljuje samo kod vrlo kratkih ljusaka, pisac napušta teoriju velikih deformacija i polazi od općeg rješenja zadatka o stabilnosti cilindričkih ljusaka, što ga je dao S. V. Aleksandrovskij god. 1955 u III svesku ovog zbornika.

21. T e r e b u š k o, O. I.: *Izračunavanje moći nošenja kružnog cilindričkog panoa ojačanog rebrima.* (24 str.)

Problem stabilnosti kružnog cilindričkog panoa napregnutog silama pritiska i smicanja riješen je za slučaj, da pano nije ojačan rebrima, u monografiji A. S. Voljmira o gipkim pločama i ljuskama iz god. 1956. Pisac istražuje pitanje stabilnosti panoa ojačanog rebrima uz pretpostavku da ljuska može slobodno klizati po uzdužnim i poprečnim rebrima, t. j. da se zanemaruje utjecaj sila smicanja, koje se pojavljuju između rebara i ljuske pri zajedničkoj deformaciji, i dalje uz pretpostavku, da naponi u elementima panoa ne prekoračuju granicu proporcionalnosti. Zadaća se rješava Ritz-ovom metodom. Utjecaj parametara na veličinu moći nošenja panoa, koji karakteriziraju geometrijske razmjere panoa, pokazan je u grafikonima. Dani su i obrasci za prethodno približno izračunavanje.

Prikazani zbornik svakako predstavlja vrlo vrijedan doprinos teoriji ploštinskih sistema nosača, koja je toliko značajna za današnju inženjersku praksu na najraznoličnijim područjima. On svjedoči o vanredno intenzivnom naučnom radu u SSSR-u na toj grani teorije konstrukcija. Karakteristično je, da od 19 autora radova u zborniku samo jedan ima titulu »profesor, doktor tehničkih nauka«, ostali imaju titule »inž.« (1), »kandidat tehničkih nauka« (9), »doktor tehničkih nauka« (1), »docent, kandidat tehničkih nauka« (7).

Dr. Ing. *R. Kušević*

ISPRAVAK

U članku »Kušević: Prilozi iznalaženju uticajnih linija za sile u štapovima rešetkastih sistema nosača«, objavljenom u broju 10/1959 ovog časopisa, zabunom je na slici 2 (str. 312) pokretno ležište nacrtano na desnom umjesto na lijevom kraju nosača. Na sl. 3 izostala su ležišta (nepokretno na desnom, a pokretno na lijevom kraju nosača).

VIADUKT

GRAĐEVNO PODUZEĆE - ZAGREB

